



UNIVERSITE PARIS 12 Val-de-Marne  
en collaboration avec l'INSEP



**Mémoire de MASTER 2 de Sciences de la société.**  
**Mention :** Sport : usages sociaux et pédagogiques.  
**Spécialité :** Intervention sur les compétences sportives.  
**Parcours :** Entraînement du sportif de haut niveau.

**Biomécanique de la course de vitesse :**  
**Analyse de 5 gammes d'entraînement du sprinteur**

**Rodolphe DARSAU**

**Directeur de recherche : Jacques QUIEVRE\***

**Collaborateur Fédéral : Olivier VALLAEYS\*\***

**\*Laboratoire de physiologie et de biomécanique de l'INSEP**

**\*\*Pôle France d'Athlétisme**

**Année 2007/2008**

Introduction .....	4
I.Revue de littérature : .....	6
II.Méthodologie : .....	15
A.Dispositif expérimental .....	15
B.Acquisition et traitement des données : .....	16
1) Acquisition des données : .....	16
2) Le traitement des données : .....	17
C. Présentation des données retenues pour l'étude : .....	21
1) Les données géométriques : .....	21
2) Les données dynamiques : .....	22
III.Présentation des résultats : .....	24
A.Caractérisation des gammes d'entraînement : .....	24
1) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°1 : .....	24
a) Caractéristiques générales : .....	26
b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui : .....	27
- Données géométriques : .....	27
- Données dynamiques : .....	27
2) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°2 : .....	28
a) Caractéristiques générales : .....	28
b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui : .....	30
- Données géométriques : .....	30
- Données dynamiques : .....	31
3) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°3 : .....	31
a) Caractéristiques générales : .....	31
b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui : .....	34
- Données géométriques : .....	34
- Données dynamiques : .....	34
4) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°4 : .....	35
a) Caractéristiques générales : .....	35
b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui : .....	38
- Données géométriques : .....	38
- Données dynamiques : .....	38
5) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°5 : .....	39
a) Caractéristiques générales : .....	39
b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui : .....	41
- Données géométriques : .....	41
- Données dynamiques : .....	42
6) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°5 avec plots : .....	42
a) Caractéristiques générales : .....	42
b) Caractéristique de la préparation du pied à la pose d'appui : .....	44
- Données géométriques : .....	44
- Données dynamiques : .....	44
B.Présentation des résultats à vitesse maximale : .....	46
1) Résultats de 2 sujets : .....	46
a) Caractéristiques générales : .....	46
b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui : .....	47
- Données géométriques : .....	47

- Données dynamiques : .....	48
2) Résultats globaux de la prise de vue à vitesse maximale : .....	49
C.Evolution des gammes d'entraînement au cours de la saison hivernale : .....	50
D.Spécificité des gammes d'entraînement par rapport à l'activité sprint .....	52
1) Spécificité de la gamme n°1 : .....	52
2) Spécificité de la gamme n°2 : .....	53
3) Spécificité de la gamme n°3 : .....	53
4) Spécificité de la gamme n°4 : .....	54
5) Spécificité de la gamme n°5 : .....	54
6) Spécificité de la gamme n°5 avec plots : .....	55
7) Récapitulatif de la spécificité des gammes : .....	55
IV.Discussions : .....	57
A.Discussions à propos de la course à vitesse maximale : .....	57
B.Discussions à propos des gammes d'entraînement : .....	59
Bibliographie : .....	66
Annexe : .....	68
Résultats de la gamme n°1 : .....	69
Résultats de la gamme n°2 : .....	70
Résultats de la gamme n°3 : .....	71
Résultats de la gamme n°4 : .....	72
Résultats de la gamme n°5 : .....	73
Comparaison des différents facteurs : .....	74

## Introduction

Ce travail de recherche a été réalisé à la demande d'Olivier VALLAEYS, entraîneur au pôle France d'athlétisme de l'INSEP, en collaboration avec le Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique de l'INSEP, dans le cadre de l'accompagnement scientifique.

Olivier VALLAEYS est responsable d'un groupe d'entraînement de douze athlètes, spécialistes de haies hautes et basses. Cette étude a pour but de répondre à la problématique de cet entraîneur, lorsqu'il s'interroge sur la validité des gammes d'entraînement qu'il utilise lors de ses séances de vitesse.

Ces exercices d'entraînement sont effectués tout au long de l'année lors des séances de vitesse. Ils sont pour l'entraîneur un moyen de préparer les séances de développement des qualités nécessaires à l'expression de la vitesse, à des périodes de la saison où l'athlète ne peut pas courir à des vitesses maximales.

Pour l'entraîneur, ce travail est le moyen de formaliser des intentions d'action à l'aide d'exercices permettant de travailler la préparation de la pose du pied, les alignements segmentaires sur l'appui, ainsi que le secteur balayé sur l'appui.

L'objectif de ces exercices est de travailler les points clef de la foulée du sprinteur, en construisant autour des consignes proposées par l'entraîneur, des repères et des sensations kinesthésiques chez les athlètes, qui faciliteront ensuite le développement de leurs qualités techniques lors des séances de vitesse.

L'intérêt de ce travail réside dans le fait que ces gammes d'entraînement présentent des caractéristiques spécifiques à la course de vitesse. L'entraîneur souhaite non seulement apprécier la spécificité de ces gammes, afin de valider ou non l'utilisation de ces exercices dans son entraînement, mais aussi d'améliorer leur pertinence et l'orientation des consignes pédagogiques qui les accompagnent.

Un suivi longitudinal de ces gammes d'entraînement a été réalisé sur la période de la saison hivernale. Leur étude et les résultats obtenus ont été par la suite comparés à la vitesse de course maximale, lors d'une période où les athlètes pouvaient exprimer tout leur potentiel.

Durant la séance de vitesse, l'entraîneur a émis le souhait de porter un regard particulier à la phase de préparation de la pose du pied au sol. Et ce dans le but de caractériser les adaptations individuelles de cette phase de la foulée.

## I. Revue de littérature :

La course à pied fait depuis longtemps l'objet de nombreuses études biomécaniques. Dans un souci de retranscrire plus précisément la réalité, ces recherches demandent aujourd'hui l'utilisation d'outils toujours plus perfectionnés.

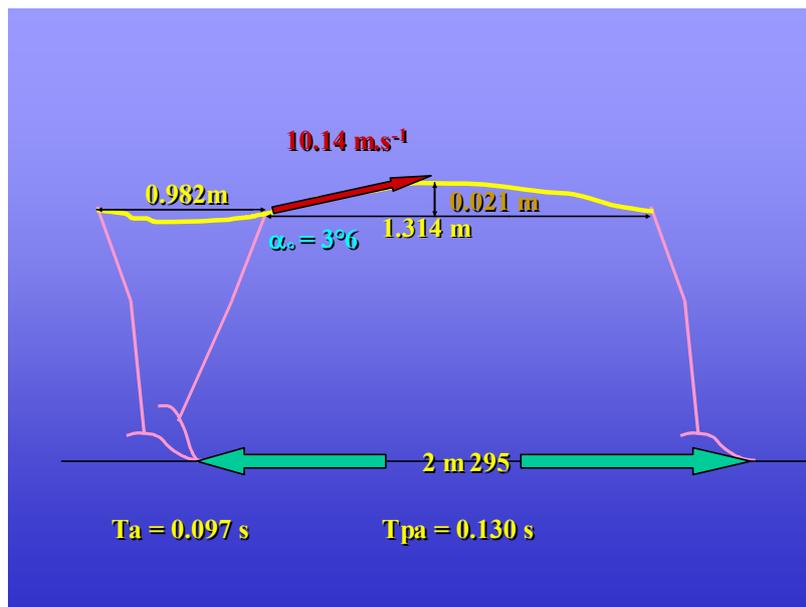
L'analyse du mouvement humain commence très tôt dans l'histoire de l'antiquité. On retrouve chez Aristote (384-322 av JC) la description de plusieurs phases de la foulée de course.

Mais c'est à la fin du XIX, avec l'apparition de la chronophotographie, que Marey et Demeny [1] vont révolutionner les études du mouvement. Leur fusil photographique leur permet alors d'obtenir une représentation d'un geste moteur en 20 images par seconde.

Avec l'arrivée des caméras rapides, nous disposons aujourd'hui d'outils capables de réaliser des prises de vue pouvant aller jusqu'à 2000 images par seconde, sur les trois axes du mouvement, en utilisant par exemple le système Vicon.

Hubiche et Pradet [2] définissent la course comme un mode de déplacement avec un souci de vitesse et d'économie en effectuant une succession de bonds séparés par des appuis unipodaux.

Ces successions de bonds comportent des phases d'appuis correspondant au moment où le coureur est en contact avec le sol et des phases aériennes où la trajectoire du centre de gravité est parabolique à concavité vers le bas. Trajectoire caractérisée par sa portée, distance parcourue par le centre de gravité de l'athlète qui sépare deux phases d'appui, et par sa flèche correspondant à la hauteur de déviation de la trajectoire. Ces paramètres sont influencés par la vitesse du coureur et l'angle d'envol qui correspond à la déviation de la trajectoire par rapport à l'horizontale.



**Figure 1 : Représentation des phases d'appuis et des phases aériennes de la course.**

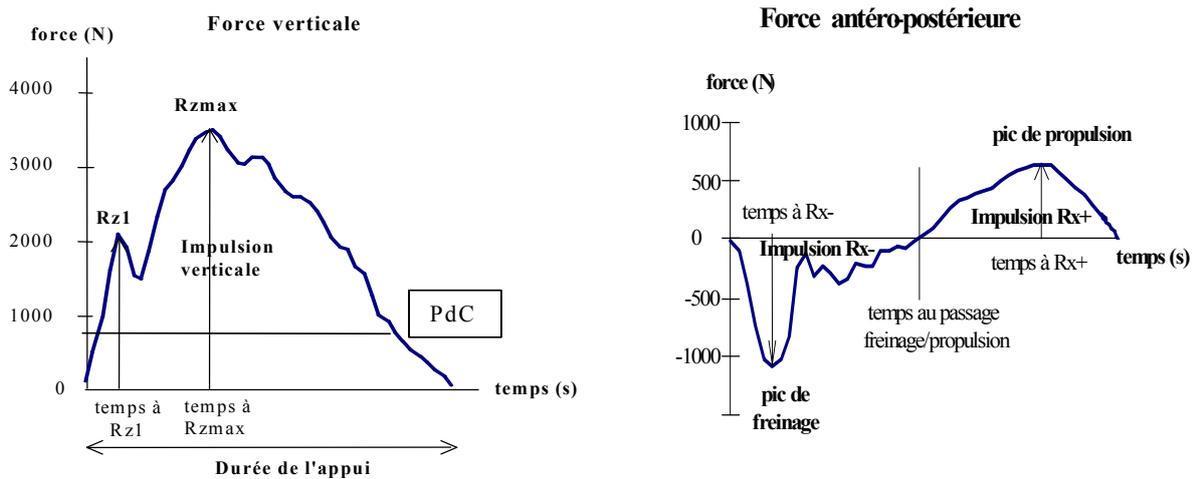
Nous nous intéressons dans cette étude uniquement à la course à vitesse maximale, dans sa séquence de vitesse élevée établie.

Dans cette phase, les oscillations de la trajectoire du centre de gravité du sprinteur sont très faibles. On parle d'oscillations comprises entre 4 et 9 cm pour Natta en 2001[3], ou encore de 4,6 à 8,5cm pour Cöhet coll. en 1999 [4]. Mero et coll. en 1982 [5] considèrent même que les meilleurs sprinteurs se distinguent par une variation de pic à pic significativement inférieure.

Ces oscillations sont la conséquence des phases d'appuis, seul moment où l'athlète peut agir sur la déviation de sa trajectoire. Cette phase d'appui de la course de vitesse se caractérise pour les meilleurs sprinteurs par une brièveté des appuis au sol (Natta 2001[3], Mero et Komi 1986 [6]).

Sur le plan dynamique, la phase d'impulsion du sprinteur peut être caractérisée par les forces de réaction du sol verticales et antéropostérieures. Les forces verticales nous renseignent sur l'importance des forces exercées au sol par notre sprinteur, qui sont proches de trois fois le poids du corps, elles participent à l'inversion verticale du mouvement. Les forces antéropostérieures produisent les accélérations et décélérations horizontales du CG sur

l'appui, elles renseignent sur les impulsions produites dans le sens du déplacement.



**Figure 2: Force verticale et antéro-postérieure lors d'un appui de sprint de conservation de vitesse. (Rega 2001 [7])**

Le premier pic de force antéro-postérieure, appelé pic d'impact, résulte de la collision du pied avec le sol lors de la pose d'appui. Il coïncide avec l'apparition du pic de freinage horizontal. L'efficacité mécanique de notre sprinteur passe par une réduction de ce pic d'impact pour limiter les forces frénatrices sur l'appui. Un freinage important sur l'appui est le signe d'un choc important du pied avec le sol cela nuit à l'efficacité du coureur. Les résultats de Natta et coll. en 2001, conformément à ceux de la littérature (Mann & Herman, 1985 [8] ; Wood, 1987[9]), montraient que la vitesse relative du pied par rapport à la hanche à la prise de contact avec le sol jouait un rôle dans la réduction du freinage horizontal à l'appui ( $r=-0.71$ ).

Pour amortir le choc qui se propage sur tout le système squelettique, consécutivement à la pose d'appui au sol, des ajustements segmentaires seraient mis en place par le coureur comme la flexion du membre inférieur sur l'appui. (Hamill et coll. (1995) [10])

Il est démontré en 1987 par Mac Mahon et coll. [11], qu'une flexion supplémentaire de 14% sur l'appui augmenterait de 40% le coût métabolique de la course. Si on ajoute à cela que la brièveté de l'appui serait en relation avec un faible déplacement horizontal du centre de gravité sur l'appui, on comprend alors pourquoi le sprinteur doit chercher une raideur de la jambe d'appui lui conférant ainsi une meilleure efficacité mécanique allant dans le sens de la réduction du temps de contact au sol.

Ces données relatives à la phase d'impulsion impliquent que le sprinteur doit avoir un comportement moteur préalable à la pose du pied sur l'appui, lui permettant de réduire le pic d'impact et la flexion du genou sur l'appui.

Cela met en évidence les liaisons fonctionnelles existantes entre les phases d'appuis et aériennes ce qui conduit à pousser les recherches vers une analyse de la foulée dans son ensemble.

Pour analyser la foulée du coureur, des observateurs de terrain mais aussi des recherches sur la forme de la foulée, ont eu recours à l'utilisation de la poulaine. Cette modélisation est issue des travaux de terrain (Piasenta 1988 [12], 1994 [13]) et des modèles provenant de travaux scientifiques (Hoshikawa, Matsui & Miyashita 1973 [14] - Blanchi & al 1982 [15]- Gager 1995 [16]).

La poulaine est une représentation de la trajectoire du pied par rapport à un repère fixe du coureur qui peut être la hanche ou l'oreille. Les deux poulaines ont été comparées par Gérard dans une thèse parue en 2003 [17].

Cet auteur nous indique que la poulaine d'oreille n'est pas plus corrélée aux indicateurs de la performance que celle de la hanche. Toutefois elle permet de prendre en considération les mouvements du tronc, facteur très intéressant pour étudier l'évolution du mouvement en fonction de l'âge. Pour des sujets experts qui ont résolu les problèmes de placement, il semblerait que le référentiel de la hanche apparaisse comme tout à fait satisfaisant, d'autant plus que, lors de la phase de conservation de vitesse, la hanche est corrélée à ( $r = 0,94$ ) avec le centre de gravité du coureur. (Nata 2006 [18])

La représentation du trajet du pied par rapport à la hanche a été validée par Bruno GAJER en 1995 [16] comme étant un bon indicateur pour représenter la technique de course du coureur. Selon lui ce référentiel serait un bon moyen d'apprécier la technique de course de nos coureurs et mettre en évidence les ajustements individuels de nos athlètes.

Pour cela cet auteur identifie neuf indices permettant de normaliser et de comparer les poulaines entre elles présentées sur la figure n°2.

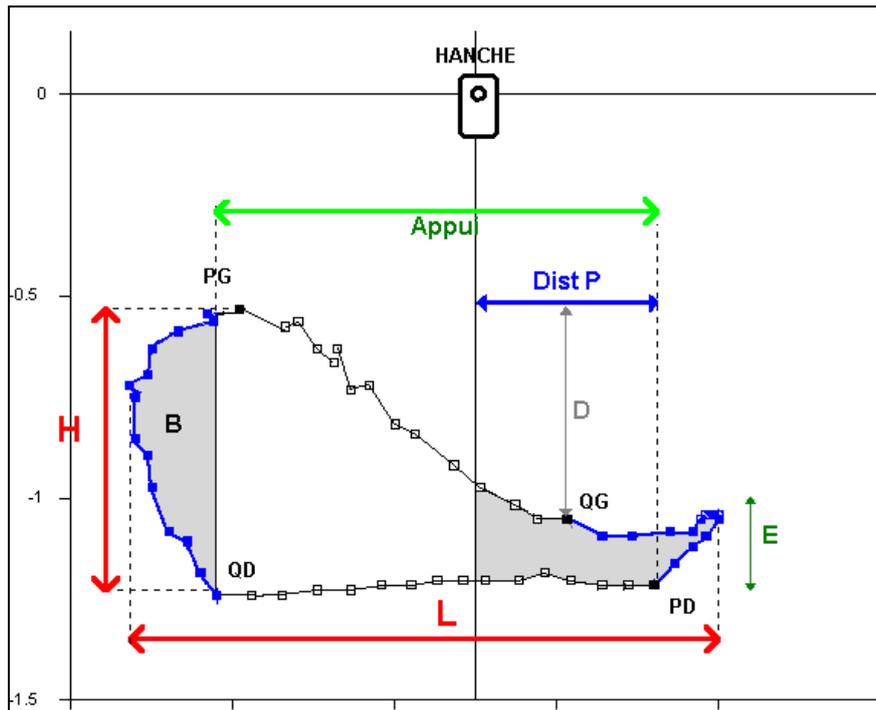


Figure 3: Indices caractéristiques du cyclographe poulaine empruntés à Bruno GAJER (1995) [16]

**Appui** : Cette distance correspond au chemin parcouru par le pied par rapport à la hanche sur l'appui.

**H** : Détermine la hauteur de la bosse arrière de la poulaine. Elle correspond au point haut du pied en arrière de la hanche.

**L** : Projection horizontale du déplacement du pied sous la hanche.

**D** : Hauteur de chute du pied droit dans le temps de l'appui G.

**E** : Détermine la hauteur de la corne avant de la poulaine. Cette corne de poulaine est le point le plus avancé du pied par rapport à la hanche. Il correspond au changement de sens qui passe d'un mouvement vers l'avant à un mouvement de recul du pied par rapport à la hanche.

**Dist. p** : Cette distance nous indique la distance entre le pied et la hanche lors de la pose du pied au sol.

Dans cette étude Bruno GAJER a souhaité comparer les différences d'organisation motrice entre les foulées d'un coureur de 10000 m, 800 m et 100 mètres.

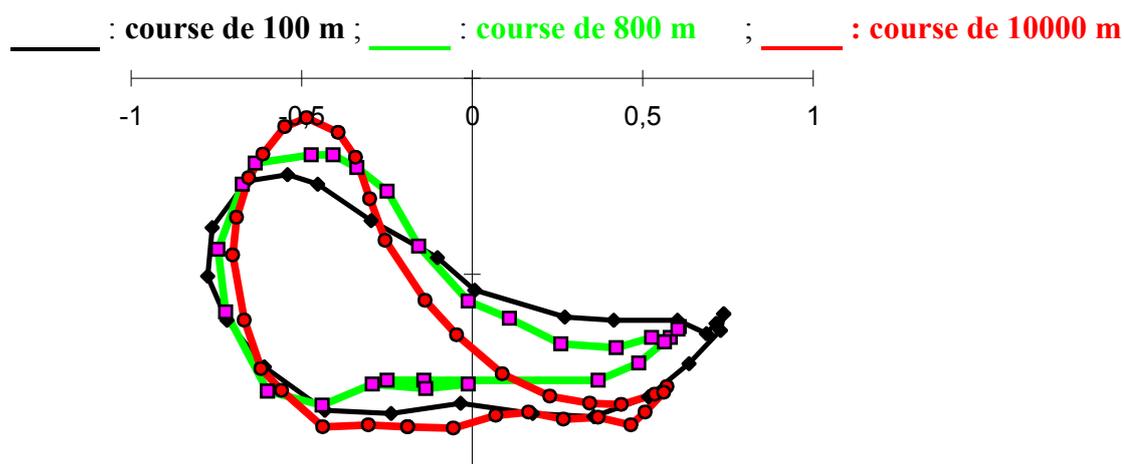


Figure 4: Comparaison de différentes poulaines en fonction des vitesses de course. (GAJER 1995)[16]

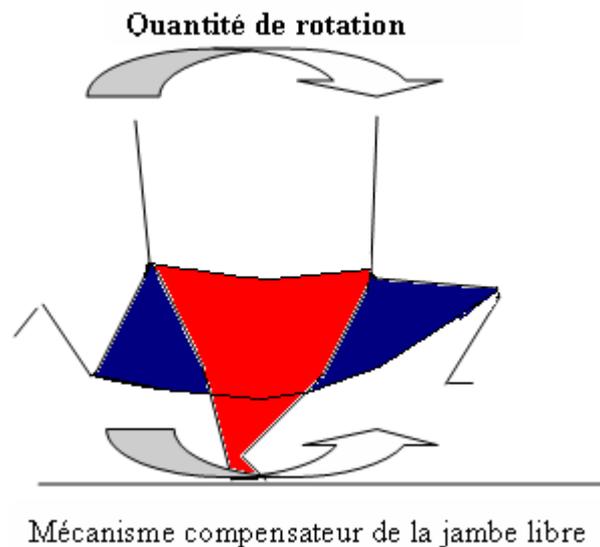
La foulée du coureur de vitesse se distingue des autres par une trajectoire de poulaine plus aplatie résultant de la recherche d'un retour du pied rapide afin de pouvoir créer une nouvelle impulsion vers l'avant. NATTA et REGA en 2001 [7] ont démontré que chez des coureurs experts le trajet de part et d'autre de la hanche avait tendance à être équilibré avec  $51,33\% \pm 3,6$  en faveur du cycle antérieure.

Afin de limiter le bras de levier du membre oscillant sur l'appui, GAJER (1995) indique que le sprinteur va rapprocher le pied de l'axe de rotation de la hanche, ce qui aura pour effet d'augmenter la vitesse de rotation de la jambe libre autour de la hanche lors de l'appui contra latéral. Pour permettre ce retour du pied « sous la fesse », l'athlète diminuera la hauteur de la bosse arrière de la poulaine.

Pour des vitesses moins importantes de course et dans un souci d'économie, le coureur laissera remonter le pied sur la bosse arrière, profitant alors d'une énergie potentielle de pesanteur lui assurant un retour du pied en utilisant peu d'énergie musculaire. Plus la vitesse de course est faible et plus nous observerons l'absence de corne avant dans le cycle de course.

Nous observons ici les différences d'organisation motrice des membres libres en fonction des exigences de l'activité. Comme l'a décrit Hopper en 1967[19], il se crée à l'impulsion des quantités de rotations. Pour gérer ces rotations, l'athlète va s'organiser avec les membres qui vont « contenir les quantités de rotations » et éviter qu'il ne bascule vers l'avant. Le demi-fondeur ou le fondeur, utilisera un bras de levier important en s'aidant de la masse de son

segment oscillant alors que le sprinteur utilisera un levier plus court gérant les quantités de rotation quantifiées par la surface qu'il va balayer. La surface balayée par la jambe libre devra être égale à celle balayée par la jambe d'appui. Autrement dit, l'élévation plus marquée du genou sur l'appui chez le sprinteur est liée à un secteur plus important balayé sur l'appui. Plus le bras de levier du segment libre sera court et plus l'athlète balayera un secteur angulaire important vers l'avant sur l'appui.



**Figure 5: Illustration du mécanisme compensateur des quantités de rotations sur l'appui.**

L'utilisation d'un levier court sur l'appui chez notre sprinteur engendrera une élévation de la pointe avant de la poulaine. Cette pointe avant est la représentation de l'organisation de la préparation du pied avant un nouveau contact au sol, et traduit la recherche d'une diminution du blocage sur l'appui.

Cette phase de la foulée est plus communément appelée « griffé » et se définit comme un mouvement du haut vers le bas et d'avant en arrière de la jambe avant le contact au sol. Ce mouvement rapide du pied vers l'arrière va permettre de limiter la vitesse relative par rapport au sol et éviter un freinage important à la pose d'appui. Sur le plan bio mécanique, il favoriserait la bascule du bassin en rétroversion associée à l'action de raccourcissement des ischios-jambiers. (GACON 1987 [20])

Cette phase de préparation à la pose de l'appui a été objectivée par Françoise Natta en 2003 [21], par un indice de griffé représentant la part prise par le retour du pied en arrière sur la distance totale parcourue par le pied en avant de la hanche dans le référentiel mobile de la hanche.

Plus cet indice de griffer est élevé, plus la distance horizontale par rapport à la hanche sera petite. Les résultats obtenus dans cette étude montrent que plus cette distance sera faible plus la phase de freinage horizontal de l'appui sera réduite ( $r = -0,71$ ) et ce grâce à une plus grande vitesse du pied par rapport au sol.

Le tableau n°1 emprunté à cet auteur représente les différences d'organisation entre les sprinteurs très experts et les sprinteurs experts. Il est clairement mis en évidence ici que l'augmentation de l'indice de griffé (de 36 à 70%) va augmenter la vitesse du pied par rapport à la hanche (-8,21 contre -7,11) et va permettre une diminution de l'impulsion de freinage (-16,56 contre -24,16). Un indice de griffer important limitera également la flexion du genou sur l'appui ce qui, comme nous l'avons vu précédemment, permettra un temps de contact au sol plus bref.

	Très expert	Expert
Indice de "griffé" (%)	70	36
Amplitude du "griffé" (m)	0,46	0,21
Distance hor. pied-hanche au posé (m)	0,2	0,38
Vitesse pied/hanche au posé (m.s-1)	-8,21	-7,11
Impulsion freinage normal. (x fois P)	-16,56	-24,16
Distance verticale pied-hanche (m)	-0,24	-0,23
Amplitude en avant de la hanche (m)	0,66	0,59
Amplitude du cycle arrière (%)	52	58
Angle maximum cuisse-verticale (°)	74	62
Angle minimum du genou (°)	37	46

**Tableau 1: Comparatif des actions de griffés chez des coureurs experts et très experts emprunté à Natta (2003).**

L'efficacité du griffé passerait donc par un mouvement plus ample en avant de la hanche favorisant ainsi le cycle avant du coureur lui permettant ainsi de ramener plus rapidement son pied sous la hanche.

Pour Françoise Natta et Coll., l'organisation segmentaire du sprinteur expert se caractériserait par un cycle de pied de part et d'autre de la hanche équilibré, avec une montée importante du genou (au maximum cuisse horizontale) et un angle fémur/tibia le plus petit possible lors du retour du pied, soit un levier du segment libre le plus petit possible.

Cette revue de littérature met l'accent sur l'importance de la préparation du pied du sprinteur avant le contact au sol. Si le comportement du sprinteur expert est modélisé lors de cette phase, il existe sur le terrain des différences d'adaptation motrice avec des athlètes qui préparent plus ou moins leur pied.

Les entraîneurs savent toute l'importance de la préparation du pied à la prise d'appui. Ils en ont fait un objet d'entraînement spécifique. Différentes situations d'entraînement sont classiquement proposées aux athlètes pour optimiser cette séquence cruciale du cycle de la foulée.

Dans notre étude ces situations sont désignées par le mot « gamme ». Elles sont au nombre de cinq. L'Hypothèse principale est que ces gammes présentent une haute pertinence pour le sprinteur.

Nos mesures concernent les paramètres mécaniques (géométriques et dynamiques) des modalités de la préparation du pied à la pose d'appui dans chaque gamme. Les objectifs sont de les caractériser, d'apprécier leur évolution au cours de l'entraînement et enfin d'estimer leur degré de spécificité vis-à-vis des exigences de la course à grande vitesse.

## **II. Méthodologie :**

### ***A. Dispositif expérimental***

Cette expérimentation s'est déroulée sur la piste d'athlétisme synthétique dans la halle Joseph MAIGROT de l'INSEP, sur un groupe du pôle France d'athlétisme dont vous trouvez les caractéristiques des sujets dans l'annexe n°1.

Le premier volet de cette étude, réalisé sur deux athlètes masculins de ce groupe d'entraînement a consisté à la caractérisation d'exercices couramment utilisés à l'entraînement.

Les prises de vue de ces gammes ont été réalisées lors des situations d'entraînement dédiées à la vitesse, au moment même où l'entraîneur les a placées dans sa séance. Notre objectif était de perturber le moins possible les entraînements, mais aussi de retranscrire le plus fidèlement ce qui s'y passait réellement.

Dans cette partie de l'étude nous avons réalisé un suivi longitudinal, sur la période allant de la reprise de l'entraînement à la période de compétition hivernale. Les prises de vue ont été effectuées les 26/10/2007, 13/11/2007, 20/12/07 et 19/03/08.

Dans ce suivi nous caractériserons les gammes en moyennant pour chaque exercice les résultats des deux sujets obtenus sur toutes les prises de vue.

Nous observerons également les différences d'adaptation motrice qu'il existe entre nos deux sujets ainsi que l'évolution des adaptations individuelles entre les différentes prises de vue.

Ces données seront également comparées aux résultats obtenus lors de prises de vue de la vitesse ceci dans le but de réaliser une comparaison avec l'activité spécifique, de valider ou non l'intérêt de l'exercice et définir sur quelles parties de l'exercice devront être orientées les consignes.

Les prises de vue relatives à la course de vitesse ont été réalisées lors de la dernière prise de vue. Cette date correspond à la semaine qui a suivi les championnats de France Elite. Notre

souhait était d'enregistrer le comportement moteur de nos athlètes à une période où ils peuvent exprimer tout leur potentiel.

Afin d'enregistrer une foulée de conservation de vitesse nous avons reproduit le protocole expérimental utilisé par REGA et NATTA en 2003[7]. La prise de vue est réalisée après une course de 40 mètres à pleine vitesse.

## ***B. Acquisition et traitement des données :***

### **1) Acquisition des données :**

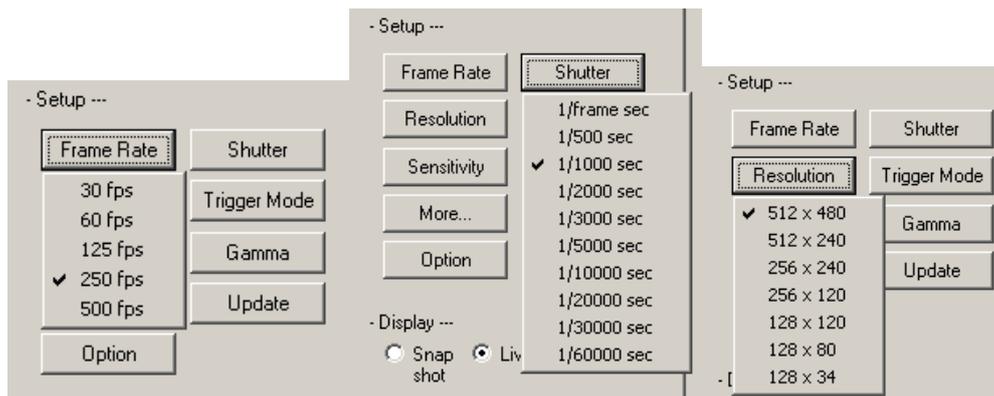
Les données sont obtenues à l'aide d'une caméra rapide et de deux projecteurs de 1000 watts placés perpendiculairement au déplacement du sujet. L'enregistrement des données est réalisé à l'aide du logiciel Photron Fastcam. Viewer 2.0

Pour mesurer les organisations motrices qui nous intéressent, il était nécessaire d'équiper les sujets de marqueurs au niveau de la pointe du pied, de l'axe de rotation de la hanche et du genou. Seul les deux premiers marqueurs seront analysés dans notre étude.



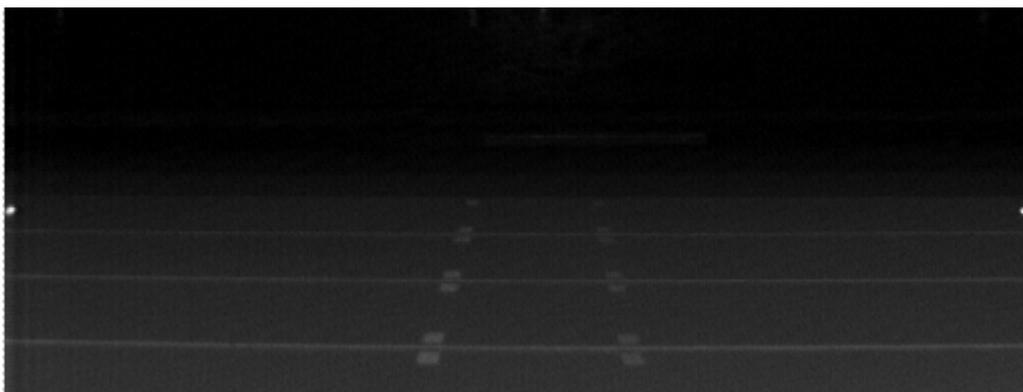
**Figure 6: Illustration des marqueurs des sujets**

Les paramètres principaux de l'image sont les suivants : La fréquence d'échantillonnage des caméras était placée à 250 images par seconde ce qui correspond à une information toutes les 0,004 secondes. Le shutter est au 1/1000 sec. La résolution est de 512 x 480.



**Figure 7: Illustration des paramètres principaux de l'image.**

Afin de définir les paramètres dimensionnels de l'image, il était nécessaire de tourner pour chaque prise de vue une vidéo avec deux marqueurs placés aux deux extrémités de l'image et au centre du couloir où passeront les athlètes. La distance réelle entre ces deux marqueurs a été ensuite mesurée à l'aide d'un décimètre. Ces informations seront nécessaires pour le traitement des données.



**Figure 8: Image de calibration.**

Les athlètes sont ensuite équipés de leurs marqueurs, les prises de vue peuvent être réalisées et sauvegardées.

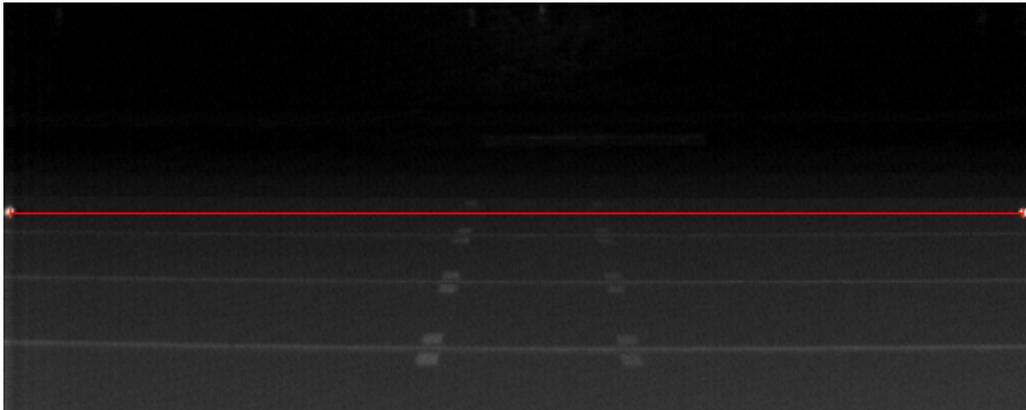
## **2) Le traitement des données :**

Le traitement des données a été réalisé à l'aide du logiciel MA Studio, qui permet de transformer nos données vidéos en données numériques, renseignant de l'évolution de nos marqueurs sur les axes X et Y.

Pour fonctionner le logiciel a besoin d'informations pour calibrer l'image. Pour cela il est nécessaire d'ouvrir la vidéo que nous avons enregistrée avec les deux marqueurs placés à l'extrémité de l'image.

A l'aide de l'outil permettant de réaliser des mesures, nous allons tracer un trait entre ces deux marqueurs, ce qui va nous renseigner sur le nombre de pixels contenus dans l'image entre ces deux repères.

Cette opération est réalisée pour chacune des prises de vue. Une fois effectuée nous pouvons ouvrir les enregistrements de nos athlètes.



**Figure 9: Mesure nécessaire a la calibration de l'image.**

Pour chacune des vues, il est nécessaire d'effectuer une calibration de l'image et du temps.

La calibration de l'image consiste à renseigner l'unité que nous allons utiliser - le mètre - puis à indiquer dans la colonne « LONG » le nombre de pixels présents dans l'image et dans la colonne « réel » la longueur réelle de cette image sur le terrain.

Calibration :	Calibration		
Nom :	Calibration		
Unité :	m		
	Axe X	Axe Y	
<input checked="" type="radio"/> X=Y	Long	503,0000	503,0000
<input type="radio"/> X	Réel	3,9000	3,9000
<input type="radio"/> Y	Ratio	0,0078	0,0078

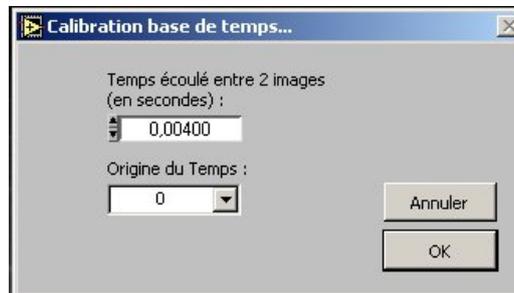
Orientation des axes :

<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	

**Figure 10: Calibration de l'image**

A partir de ces données, le logiciel va automatiquement calculer un ratio permettant de transformer les pixels en mètres. Il faut également définir le repère correspondant au sens de déplacement de l'athlète dans l'image.

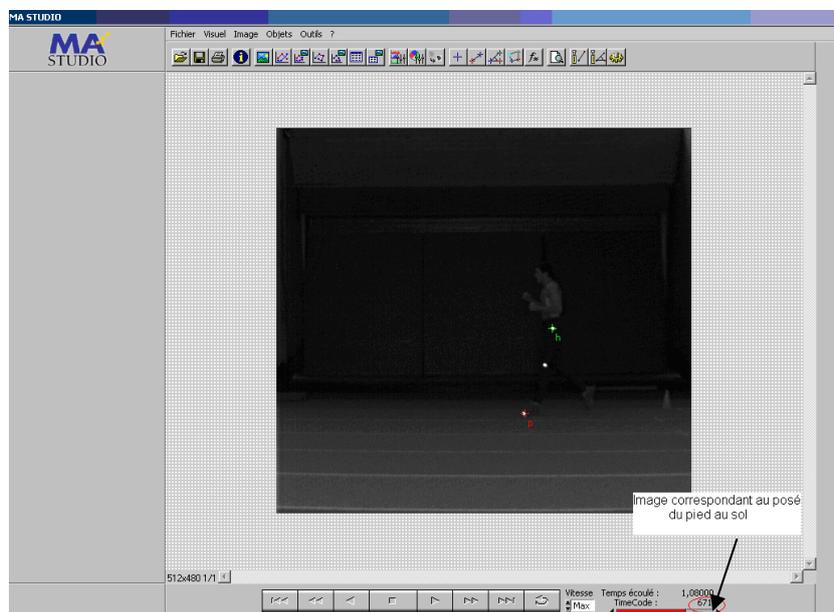
Avant de commencer le traitement des données il nous reste à définir la calibration de la base de temps, correspondant à l'écart compris entre deux images, soit pour un enregistrement à 250 images par secondes 0,004 s.



**Figure 11: Calibration de la base de temps**

Une fois cette calibration effectuée, à l'aide de l'onglet de lecture de la vidéo, nous avons défini manuellement les images correspondants au début et à la fin du cycle complet de la jambe gauche, en commençant, dans la mesure du possible, par la préparation du pied suivi par la pose d'appui. Ces informations définissent l'espace d'images à analyser.

Nous avons ensuite défini deux images clefs qui nous seront nécessaires pour effectuer nos calculs, elles correspondent au moment du posé et du quitté du pied au sol.



**Figure 12: Image de la pose d'appui.**

Nous allons ensuite éditer les points correspondants à la pointe de pied et à la hanche.

Il faudra pour cela créer un point et le placer sur le marqueur lumineux correspondant et préciser que nous utilisons la calibration précédemment définie ainsi que la fonction de prédiction de la position.

L'onglet tracking va nous permettre de suivre ce point. Pour cela il est nécessaire de définir les images de début et de fin et de décocher la case « désapprendre » à chaque fois.

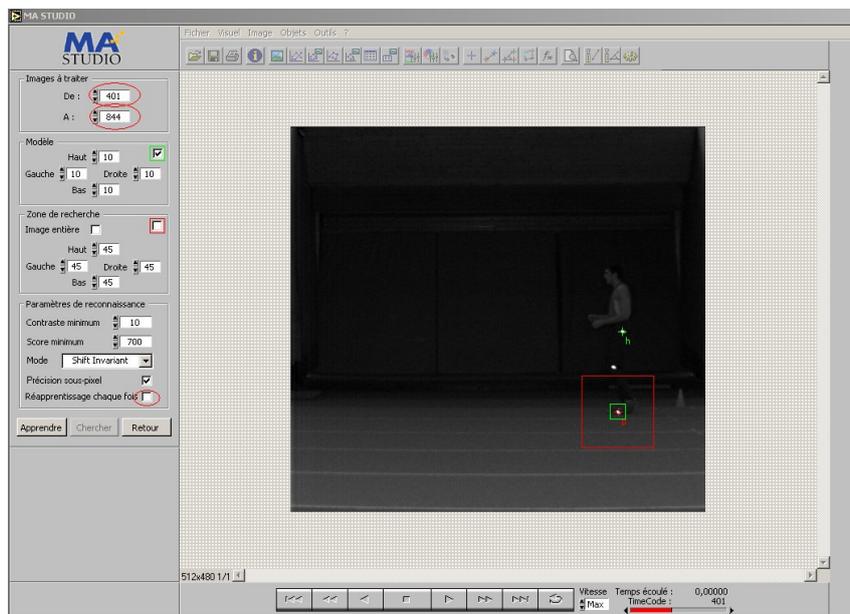


Figure 13: tracking des marqueurs.

Nous obtenons ensuite la trajectoire de ce point. Il est parfois nécessaire de corriger manuellement des points aberrants.

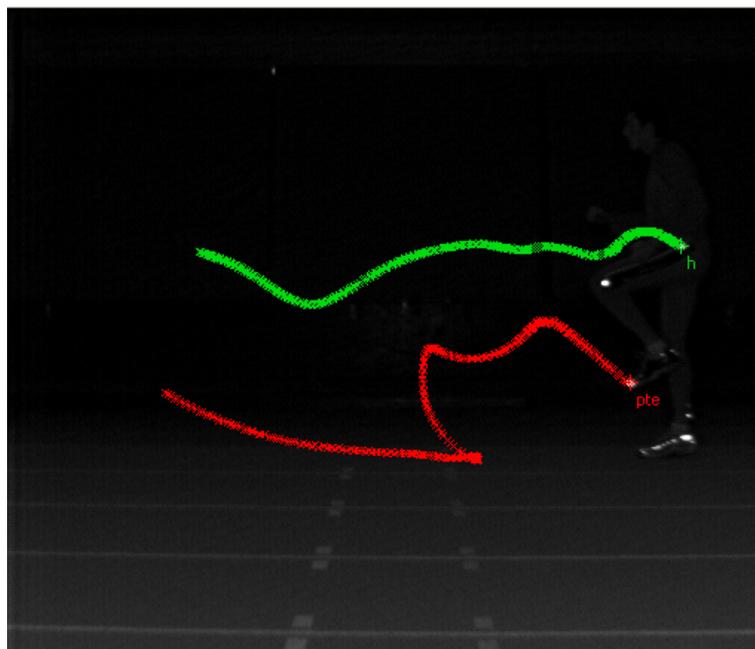


Figure 14: Trajectoire du pied et de la hanche

Une fois la trajectoire de la hanche et du pied définie, il est possible d'exporter les données dans un tableau correspondant à l'évolution pour chaque image des deux points dans l'axe X et Y.

Temps	N° Image	pied .X	pied.Y	Liss. Pos. pied X	Liss. Pos. pied Y	Vitesse pied X	Vitesse pied Y
Temps	N° Image	hanche .X	hanche.Y	Liss. Pos. hanche X	Liss. Pos. hanche Y	Vitesse hanche X	Vitesse hanche Y
Temps	N° Image	Vitesse pied/hanche X	Pos. pied/hanche X	Pos. pied/hanche Y	Poulaine		

Tableau 2: Etapes d'obtention de la poulaine à partir des données des trajectoires du pied et de la hanche.

### C. Présentation des données retenues pour l'expérimentation :

Une fois l'évolution dans l'espace de ces deux points connue, nous avons exporté ces données dans une Macro Excel, permettant de calculer automatiquement en indiquant les numéros d'image de posé et de quitté du pied au sol l'ensemble des 18 paramètres retenus pour cette étude.

#### 1) Les données géométriques :

Afin d'analyser la motricité des gammes d'entraînement et de la vitesse, 12 données géométriques ont été retenues.

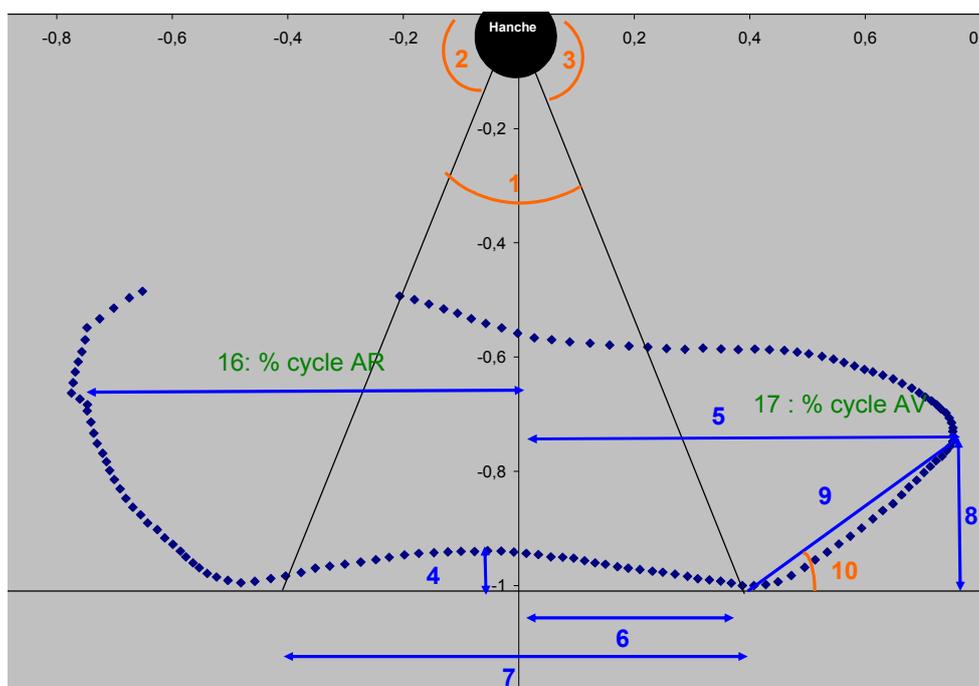


Figure 15: Illustration des données géométriques sur le tracé d'une poulaine.

Les données 1 à 4 et 7, sont destinées à la représentation spatiale du cône d'impulsion balayé par l'athlète lors de la phase d'appui. Elles sont représentées de façons inversées à la réalité sur la figure n° 14. Dans la poulaine, le trajet concave vers le bas du pied entre le posé et le quitté correspond au trajet de la hanche dans la réalité de la course sur le pied fixé à l'appui. (GAJER 1995)[16]

Les données 5, 6 8, 9, et 10 vont nous permettre de caractériser la préparation du pied avant le contact au sol.

1	Secteur balayé sur l'appui
2	Angle au quitté
3	Angle de pose
4	Abaissement de la hanche sur l'appui
5	Distance maximale vers l'avant du pied par rapport à la hanche (distance entre la projection verticale de la hanche et le point d'inversion du pied)
6	Distance entre la projection verticale de la hanche et le pied à la pose du pied au sol.
7	Distance parcourue par la hanche sur l'appui.
8	Hauteur du point d'inversion.
9	Longueur du ramené du pied sous la Hanche
10	Angle du ramené du pied sous la Hanche
16	Cycle Avant (% du cycle total)
17	Cycle Arrière (% du cycle total)
18	Temps d'appui au sol

Tableau 3: Correspondance des données géométriques représentées dans la figure 4

## 2) Les données dynamiques :

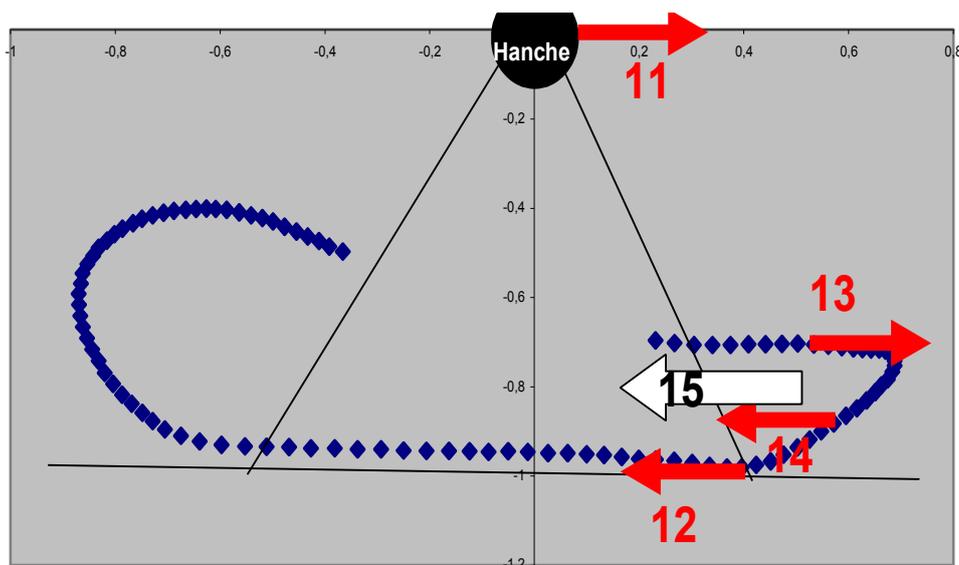


Figure 16 : Illustration des données dynamiques sur le tracé d'une poulaine.

Afin de compléter les données géométriques dans la préparation du pied avant le contact au sol nous avons ajouté 5 données dynamiques.

Les données 11 et 12 représentées sur la figure n°15, correspondent respectivement à la vitesse de la hanche par rapport au sol et à la vitesse du pied par rapport à la hanche, à la pose au sol. Elles nous permettront la mise en évidence de l'efficacité de l'action de préparation du pied qui se traduit par la recherche d'une diminution de l'écart de vitesse du pied par rapport à la hanche, ce qui tend à limiter le pic d'impact lors de la collision du pied avec le sol.

Nous observerons également les vitesses du pied autour du point d'inversion. Nous avons choisi arbitrairement d'observer les vitesses à 80 m/s avant (13) et après (14) le point d'inversion. C'est sur cette période de 160ms que nous calculerons l'accélération moyenne d'inversion du mouvement du pied (15). Cette dernière donnée (accélération moyenne du pied dans le processus d'inversion du mouvement) représente une des contraintes majeures rencontrées par le sprinteur. Cette donnée est peu usuelle et cependant fondamentale. Elle représente un facteur important de la qualité de réalisation. Sa mesure est de notre point de vue novatrice.

11	Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied. (m/s)
12	Vitesse horizontale du pied/Hanche à la pose. (m/s)
13	Vitesse du pied vers l'avant à -0,08s du point d'inversion. (m/s)
14	Vitesse du pied vers l'arrière à +0,08s du point d'inversion. (m/s)
15	Accélération moyenne du pied sur les 0,16s autour du point d'inversion. (m.s <sup>-2</sup> )

**Tableau 4:correspondance des données dynamiques représentées sur la figure n°15.**

### **III. Présentation des résultats :**

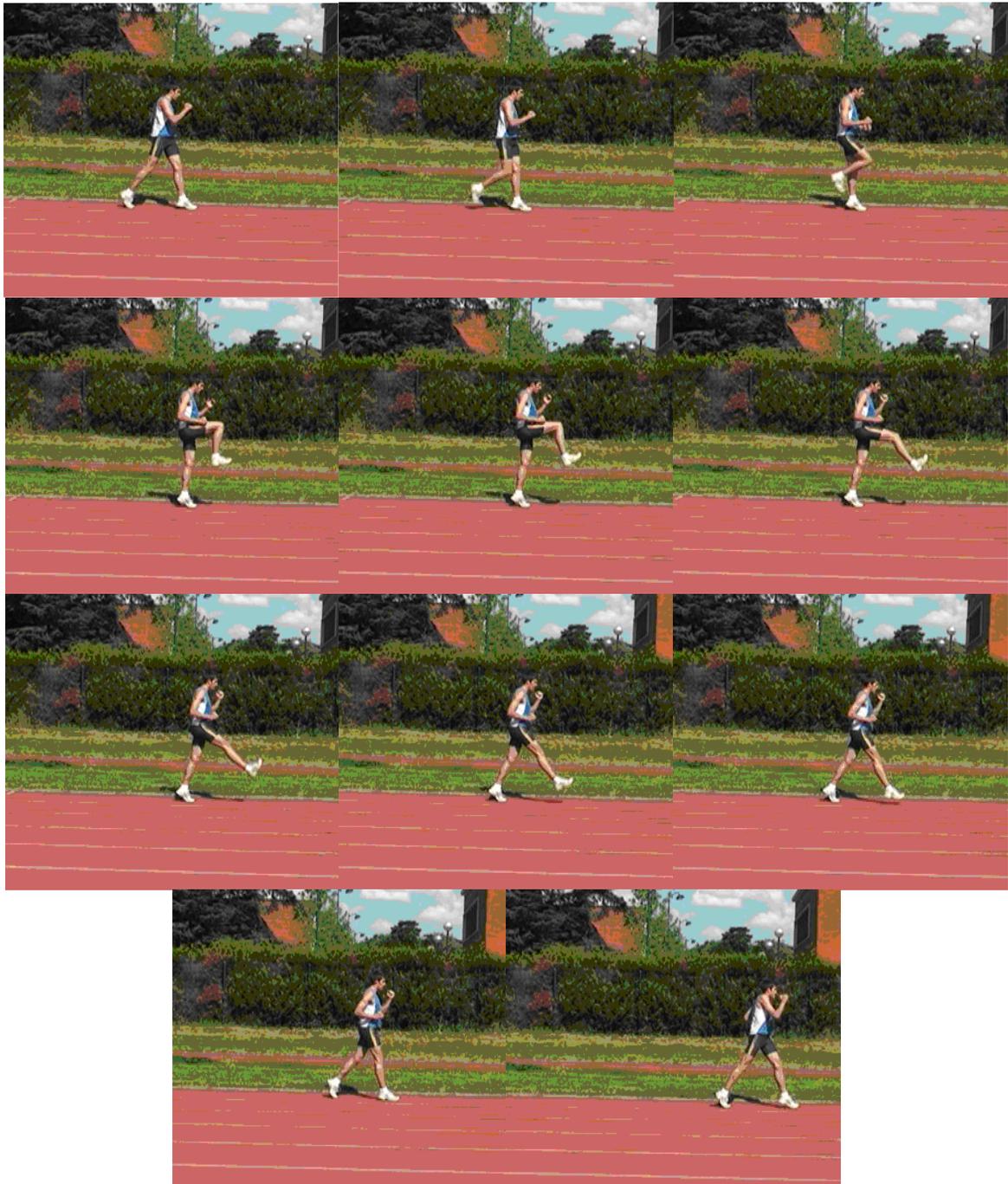
#### **A. Caractérisation des gammes d'entraînement :**

Dans le but de caractériser chaque gamme d'entraînement, nous avons choisi, pour une gamme donnée, de moyenner les résultats des mesures faites sur les quatre sessions d'entraînement. Seront présentés également les résultats de la gamme n°5 réalisée avec une matérialisation de l'espace (plots) lors de la seconde prise de vue (seconde session). L'objectif sera, pour cet exercice, d'identifier l'influence d'une contrainte spatiale en comparant les mesures de « G5 plots » à celles de la gamme « G5.réalisée de façon libre »

##### **1) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°1 :**

Cette première gamme est un déplacement bipodal (marche) sur pointe de pied, ou l'athlète réalise un cycle avant (montée de genou libre fléchi, puis extension de hanche et de genou sur un pied armé avant le contact au sol). Le secteur est balayé sur l'appui avec une jambe tendue.

Il est demandé à l'athlète de balayer le plus grand secteur possible sur l'appui, et de se grandir.



**Figure 17: Kinogramme de la gamme n°1.**

### a) Caractéristiques générales :

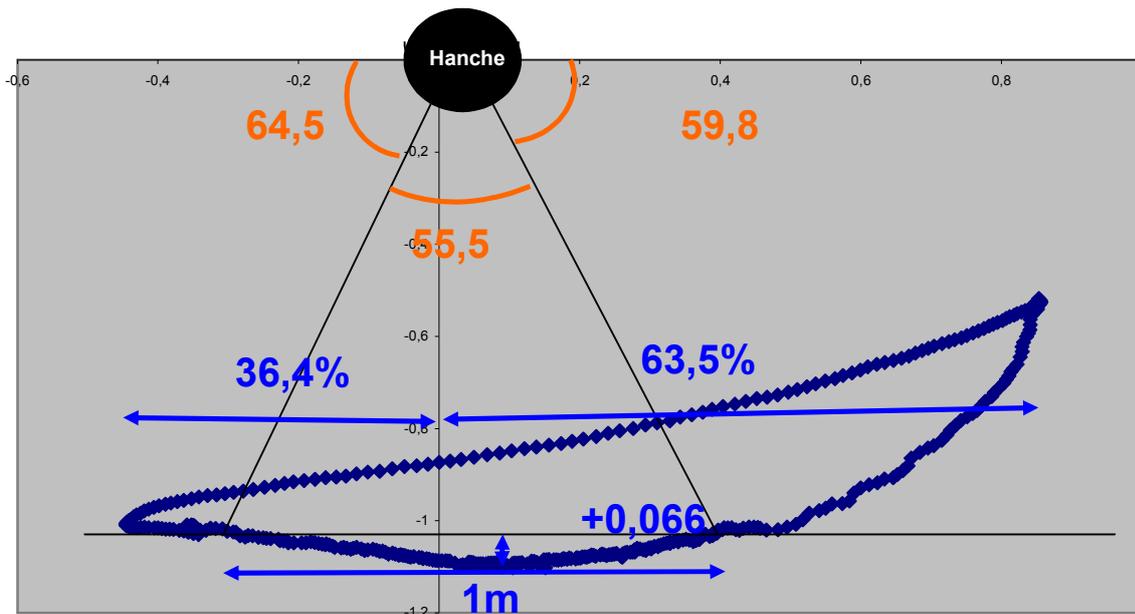


Figure 18: Poulaine de la gamme n°1 affichage des caractéristiques générales.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	56,68	54,41	55,55	1,61
2) Angle de pose (degré)	59,09	60,64	59,86	1,10
3) Angle au quitté (degré)	64,23	64,95	64,59	0,51
4) Elévation de la hanche sur l'appui. (m)	0,071	0,062	0,07	0,01
7) Distance parcourue sur appui (m)	0,95	0,91	0,93	0,02
16) % de cycle avant	61,90	65,18	63,54	2,32
17) %de cycle arrière	38,10	34,83	36,46	2,32
18) Temps d'appui (s)	0,94	0,85	0,90	0,06

Tableau 5 : Caractéristiques générales de la gamme n°1.

Il est à noter sur cette gamme que la hanche ne fait que s'élever sur l'appui, ce qui ne correspond pas au fonctionnement mécanique de la jambe sur l'appui en sprint.

b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui :

- Données géométriques :

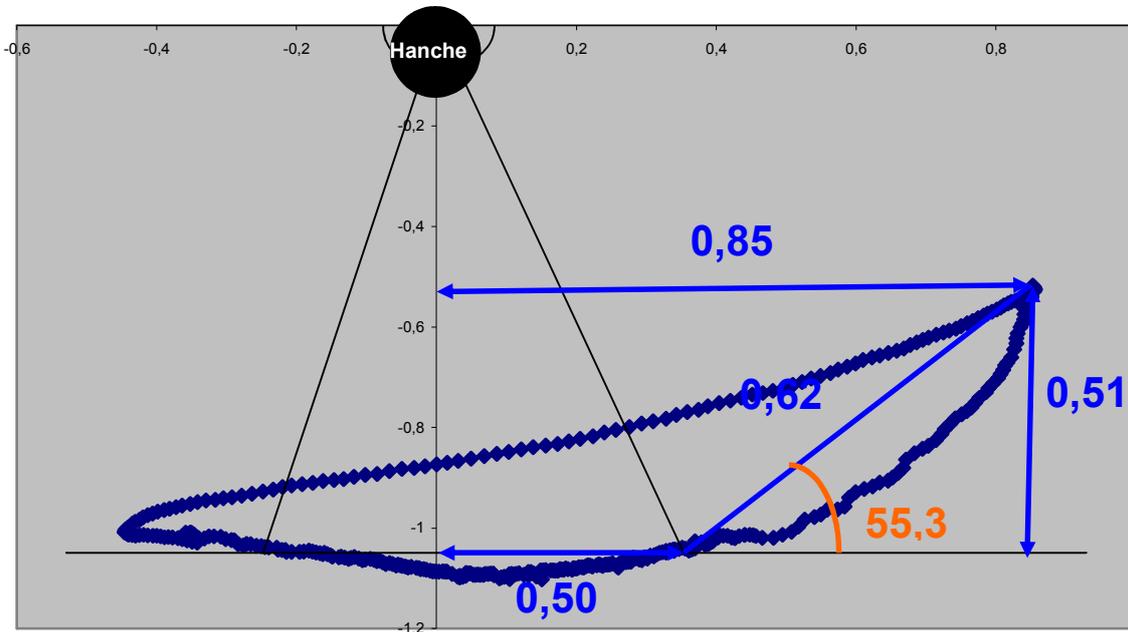


Figure 39: Poulaine de la gamme n°1 affichage des données géométriques de la préparation du pied à la pose d'appui.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,83	0,87	0,85	0,03
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,51	0,49	0,50	0,02
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,43	0,60	0,51	0,12
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,53	0,71	0,62	0,13
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	52,72	57,91	55,32	3,67

Tableau 6: Données géométriques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°1.

- Données dynamiques :

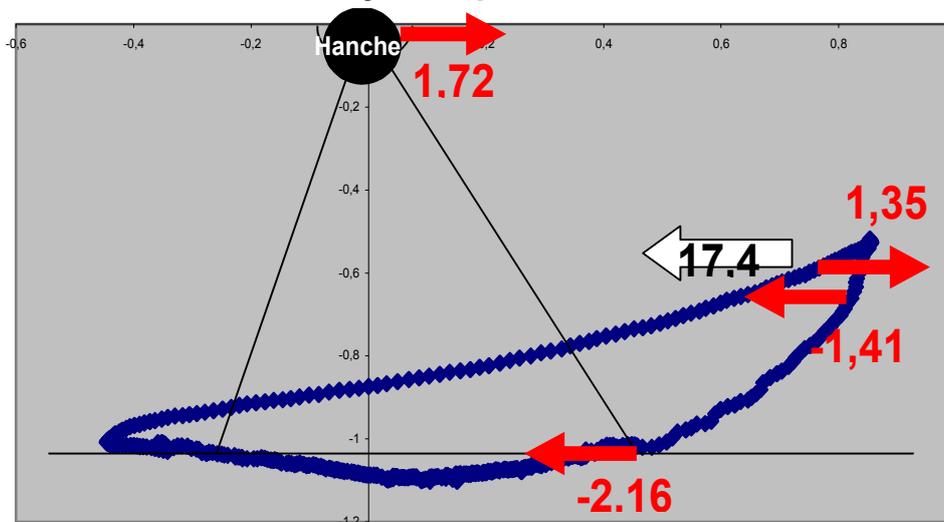


Figure 204: Poulaine de la gamme n°1 affichage des données dynamiques de la préparation du pied à la pose d'appui.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	1,59	1,86	1,72	0,19
12) Vit horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-2,10	-2,23	-2,16	0,09
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	1,30	1,40	1,35	0,07
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-1,55	-1,27	-1,41	0,20
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	18,33	16,63	17,48	1,20

**Tableau 7: Données dynamiques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°1.**

Cette gamme est la plus lente de l'ensemble des exercices (11), les valeurs de vitesse autour du point d'inversion sont les plus faibles, ce qui explique la valeur très basse d'accélération moyenne d'inversion.

## **2) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°2 :**

### **a)Caractéristiques générales :**

Cette gamme est une réalisation du cycle avant de la course, sur un déplacement unipodal. L'athlète balaye son secteur d'appui sur une jambe tendue, et réalise une impulsion finale qui provoque une légère phase aérienne. La jambe libre réalise le cycle avant comme en gamme n°1.

Il est demandé à l'athlète de balayer un grand secteur sur l'appui, en restant placé haut. En fin de secteur le cycle avant se termine par une reprise active du sol, « en remplaçant » ainsi le pied d'appui.

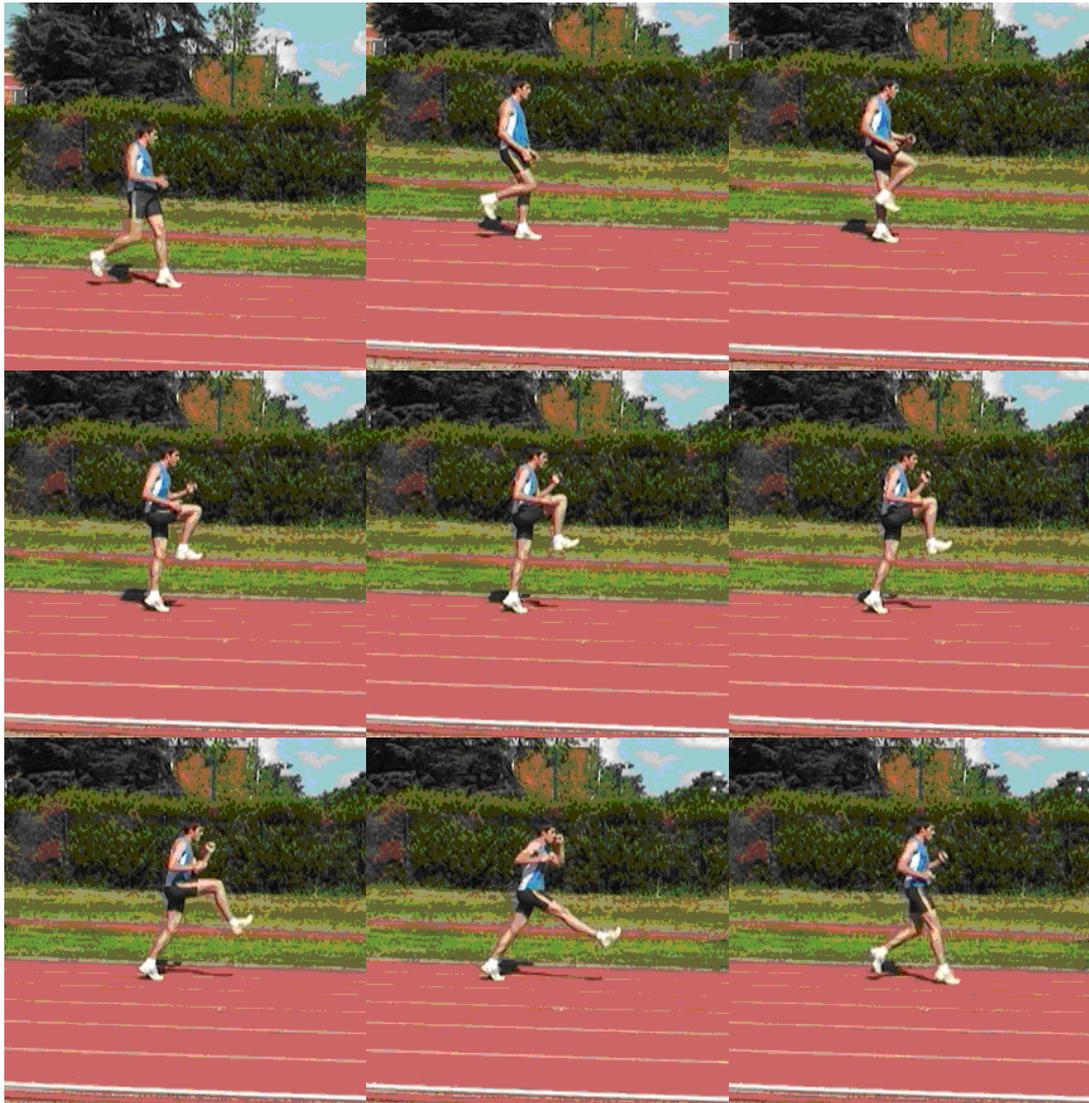


Figure 21: Kinogramme de la gamme n°2.

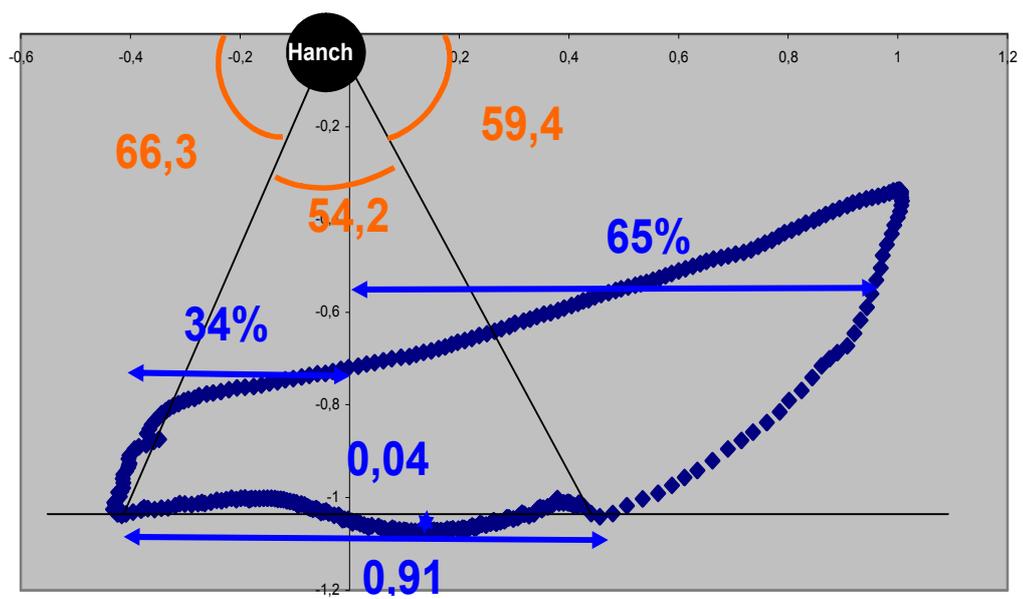


Figure 22: Poulaine de la gamme n°2 affichage des caractéristiques générales.

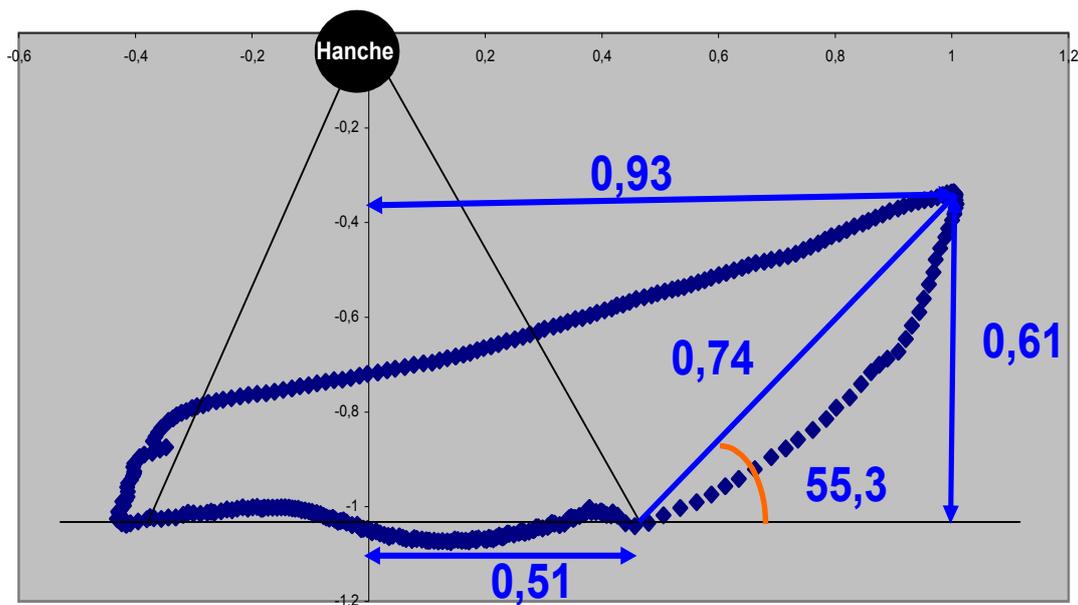
	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart type
1) Secteur balayé sur l'appui (Degré)	54,53	53,91	54,22	0,44
2) Angle de pose (Degré)	56,92	61,91	59,42	3,53
3) Angle au quitté (Degré)	68,56	64,18	66,37	3,09
4) Elévation de la Hanche sur l'appui. (m)	0,043	0,039	0,04	0,00
7) Distance parcourue sur appui (m)	0,91	0,91	0,91	0,00
16) % de cycle avant	62,70	68,65	65,68	4,21
17) %de cycle arrière	37,30	31,35	34,33	4,21
18) Temps d'appui (s)	0,67	0,69	0,68	0,02

**Tableau 8 : Caractéristiques générales de la gamme n°2**

On observe sur cette gamme une élévation de la hanche en début d'appui, avant un abaissement et élévation sur la fin de l'appui, traduisant l'impulsion nécessaire au changement du pied au sol.

### b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui :

#### - Données géométriques :



**Figure 23: Poulaïne de la gamme n°2 affichage des données géométriques de la préparation du pied à la pose d'appui.**

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,88	0,97	0,93	0,06
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,54	0,47	0,51	0,05
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,47	0,75	0,61	0,20
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,58	0,90	0,74	0,22
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	54,36	56,29	55,33	1,37

**Tableau 9: Données géométriques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°2.**

Au niveau des paramètres géométriques de la préparation de l'appui, cet exercice a le point d'inversion le plus haut (8) et le plus en avant de la hanche (5).

### - Données dynamiques :

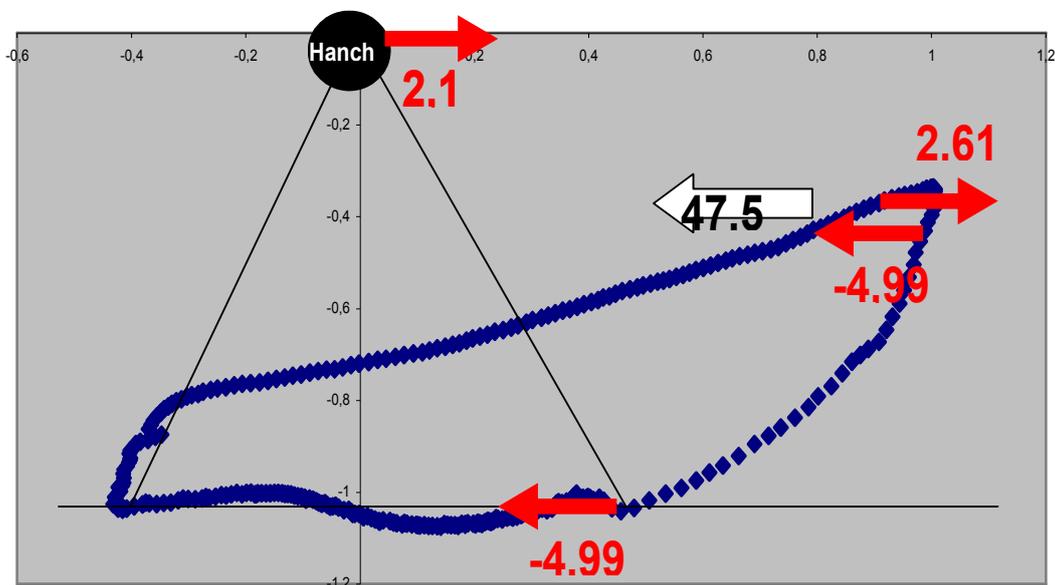


Figure 24: Poulaine de la gamme n°2 affichage des données dynamiques de la préparation du pied à la pose d'appui.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	2,30	2,03	2,17	0,19
12) Vit horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-4,72	-3,06	-3,89	1,17
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	2,32	2,90	2,61	0,40
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-5,23	-4,76	-4,99	0,33
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	47,20	47,83	47,51	0,44

Tableau 10: Données dynamiques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°2.

Sur le plan dynamique, cet exercice a une grande accélération moyenne d'inversion (15), surtout par un accroissement de l'accélération du pied après le point d'inversion. Cet exercice est le seul à avoir un différentiel important entre ses vitesses à 0,08 seconde avant et après le point d'inversion (13) (14).

### 3) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°3 :

#### a)Caractéristiques générales :

Cette gamme se caractérise par le fait que la partie finale du cycle avant est accentuée par une impulsion de la jambe d'appui, il s'en suit une phase aérienne. Une fois l'appui posé celui-ci est maintenu longtemps, ce qui amène l'athlète à balayer le secteur jusqu'à une position de légère fente avant.

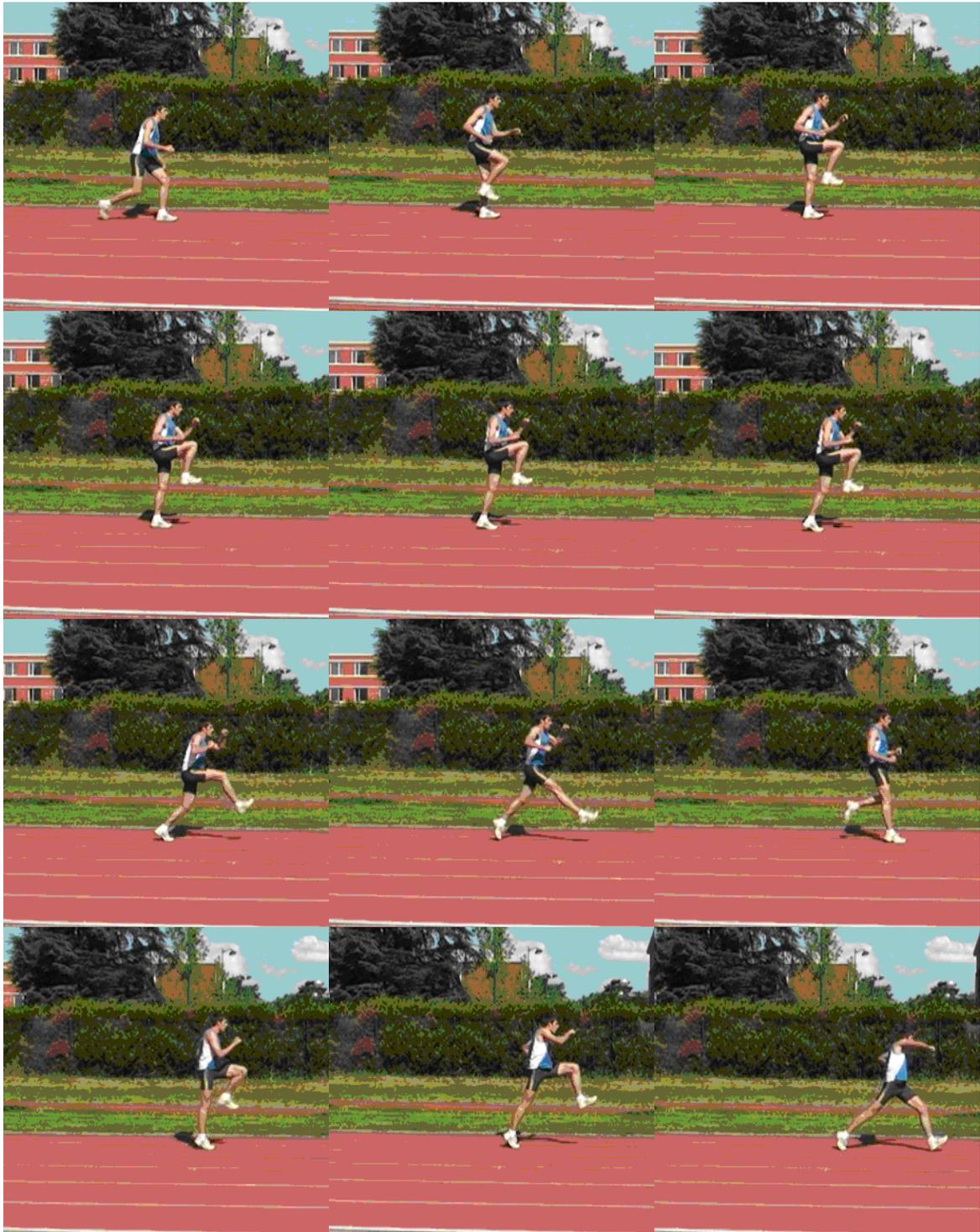


Figure 25 : Kinogramme de la gamme n°3.

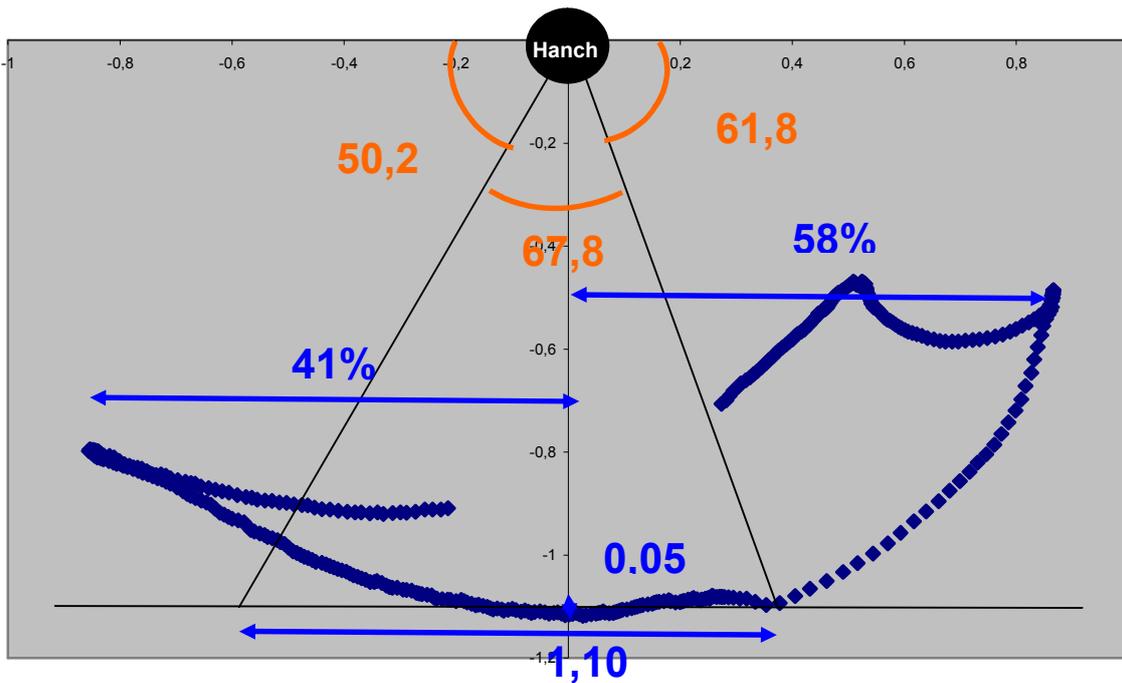


Figure 26: Poulaine de la gamme n°3 affichage des caractéristiques générales.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart type
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	70,59	65,18	67,89	3,83
2) Angle de pose (degré)	57,06	66,58	61,82	6,74
3) Angle au quitté (degré)	52,35	48,23	50,29	2,91
4) Elévation de la Hanche sur l'appui (m)	0,077	0,018	0,05	0,04
7) Distance parcourue sur appui (m)	1,15	1,05	1,10	0,07
16) % de cycle avant	60,88	56,13	58,50	3,36
17) %de cycle arrière	39,13	43,88	41,50	3,36
18) Temps d'appui (s)	0,71	0,68	0,70	0,03

Tableau 11: Caractéristiques générales de la gamme n°3.

Cette gamme a le secteur et la distance balayée sur l'appui la plus importante (1) (7), notamment par un angle de quitter nettement inférieur aux autres gammes (3). Comme pour la première gamme, la hanche ne fait que s'élever sur l'appui.

b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui :

- Données géométriques :

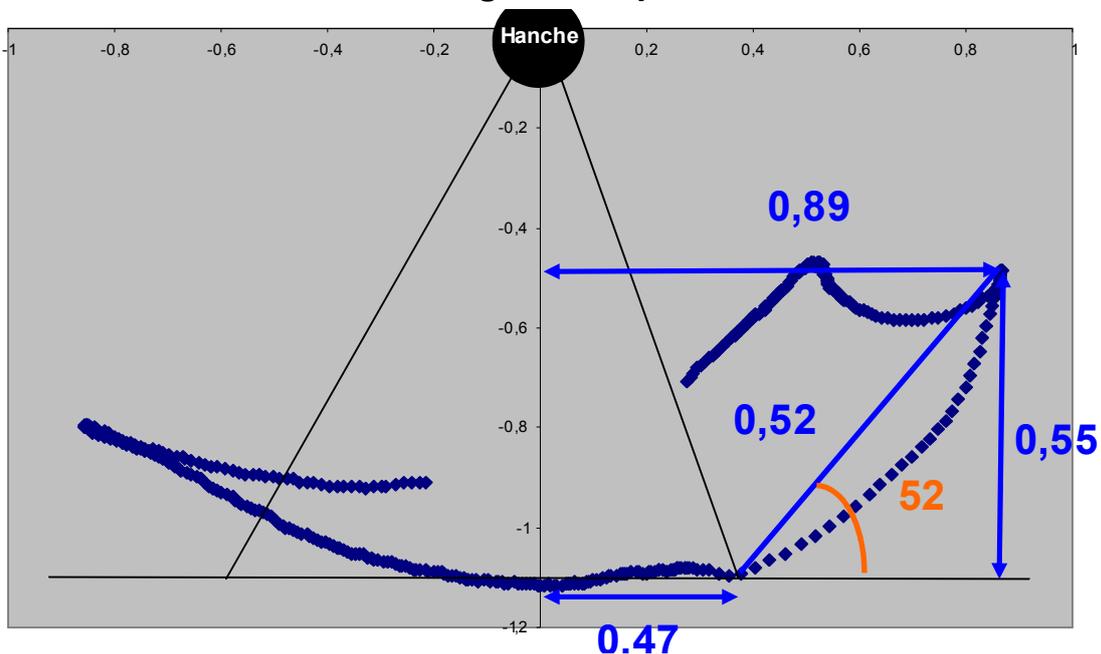


Figure 27: Poulaine de la gamme n°3 affichage des données géométriques de la préparation du pied à la pose d'appui.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,94	0,84	0,89	0,07
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,54	0,40	0,47	0,10
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,54	0,56	0,55	0,01
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,67	0,71	0,69	0,03
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	53,72	51,45	52,59	1,60

Tableau 12: Données géométriques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°3

- Données dynamiques :

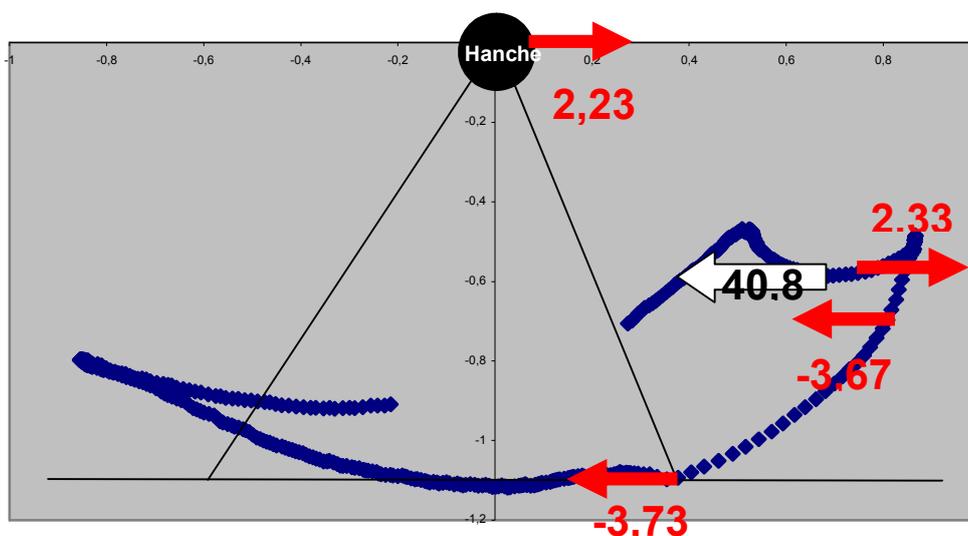


Figure 28: Poulaine de la gamme n°3 affichage des données dynamiques de la préparation du pied à la pose d'appui.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	2,68	1,77	2,23	0,64
12) Vit horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-3,66	-3,81	-3,73	0,11
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	2,23	2,43	2,33	0,14
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-3,23	-4,12	-3,67	0,63
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	40,73	40,88	40,80	0,11

**Tableau 13: Données dynamiques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°3.**

Comme pour la seconde gamme, mais de façon moins importante, on observe que l'accélération moyenne d'inversion est engendrée par une accélération du pied après le point d'inversion.

#### **4) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°4 :**

##### **a)Caractéristiques générales :**

Ce quatrième exercice reprend la motricité générale de la troisième gamme. Il est en plus demandé à l'athlète de réaliser un rebond sur le même pied, sans perturber son alignement.

Cette impulsion doit être déclenchée le plus tardivement possible.

L'objectif de l'entraîneur est ici de chercher à perturber, par le rebond, l'alignement de l'athlète.



Figure 59: Kinogramme de la gamme n°4.

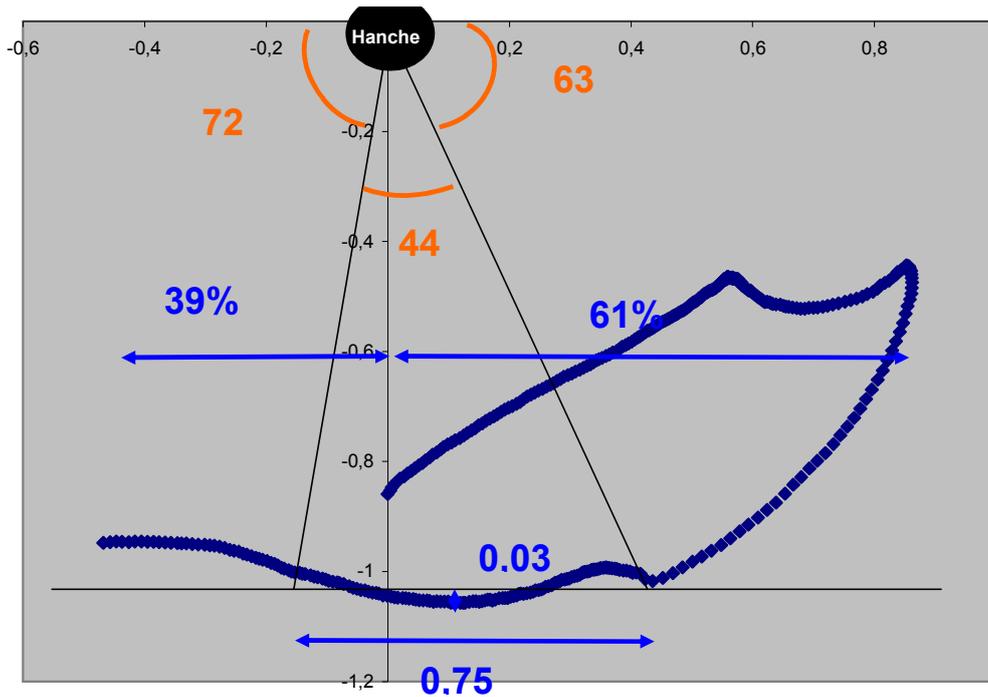


Figure 30: Poulaine de la gamme n°4 affichage des caractéristiques générales.

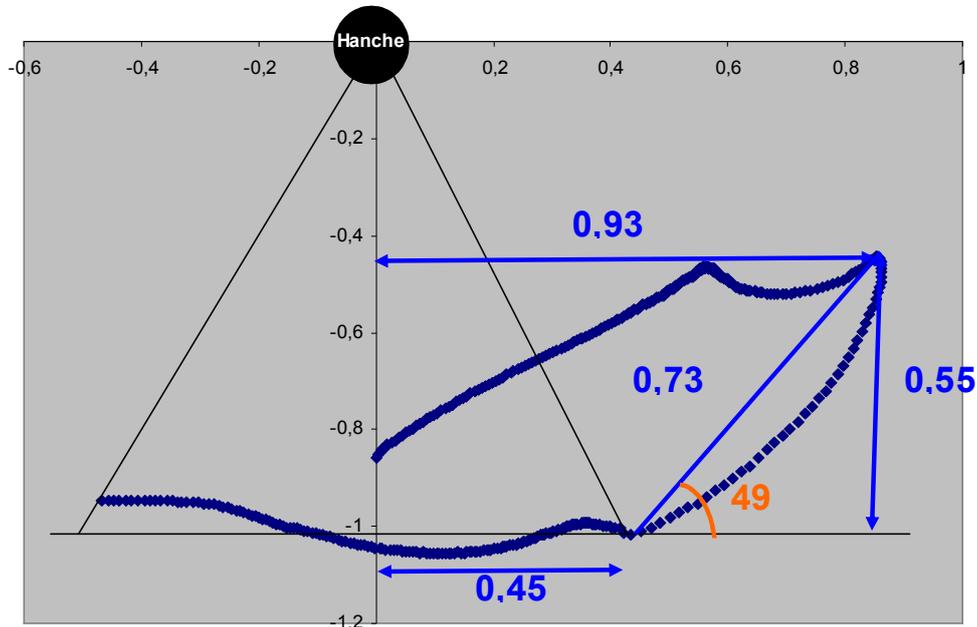
	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart type
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	45,05	43,81	44,43	0,88
2) Angle de pose (degré)	62,97	63,24	63,10	0,19
3) Angle au quitté (degré)	71,98	72,95	72,46	0,69
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	0,028	0,037	0,03	0,01
7) Distance parcourue sur appui (m)	0,76	0,74	0,75	0,02
16) % de cycle avant	62,00	61,64	61,82	0,26
17) %de cycle arrière	38,00	38,36	38,18	0,26
18) Temps d'appui (s)	0,44	0,57	0,50	0,09

Tableau 14: Caractéristiques générales de la gamme n°4.

On observe une nouvelle fois une élévation de la hanche sur l'appui. À noter qu'il n'y a pas d'oscillation de la hanche en fin de secteur d'impulsion. Ceci pouvant s'expliquer par le fait que l'impulsion est déclenchée quasi exclusivement par le déploiement du pied par rapport à la jambe.

**b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui :**

**- Données géométriques :**



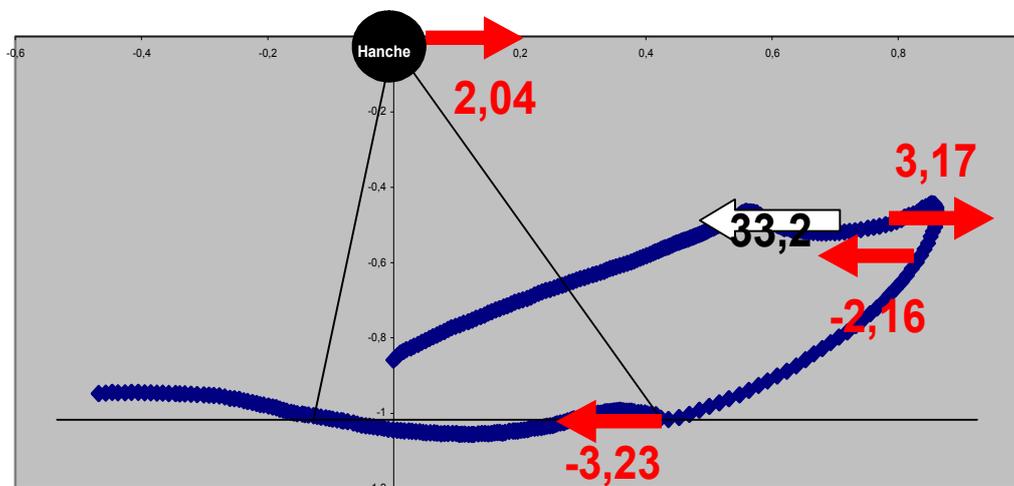
**Figure 31: Poulaine de la gamme n°4 affichage des données géométriques de la préparation du pied à la pose d'appui.**

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,94	0,92	0,93	0,02
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,45	0,45	0,45	0,00
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,54	0,57	0,55	0,02
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,73	0,74	0,73	0,01
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	47,70	50,67	49,19	2,10

**Tableau 15: Données géométriques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°4.**

Nous retrouvons pour cet exercice des données géométriques de la préparation à la pose d'appui semblable à l'exercice précédent.

**- Données dynamiques :**



**Figure 32: Poulaine de la gamme n°4 affichage des données dynamiques de la préparation du pied à la pose d'appui.**

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	2,09	2,00	2,04	0,07
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-3,23	-3,23	-3,23	0,00
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	3,65	2,70	3,17	0,67
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-1,88	-2,43	-2,16	0,39
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	34,48	32,05	33,26	1,71

**Tableau 16: Données dynamiques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°4.**

L'accélération moyenne d'inversion (15) est ici inférieure à l'exercice précédent, nous observons par contre que la vitesse du pied est supérieure avant le point d'inversion (13) (14). La valeur d'accélération dépend plus sur cet exercice de l'action frénatrice du pied avant de le propulser en arrière.

## **5) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°5 :**

### **a) Caractéristiques générales :**

Cette cinquième gamme consiste à rebondir d'une jambe sur l'autre, en accentuant la partie avant du cycle de course. (Genou maintenu en avant et retard de l'intention de reprise d'appui). L'athlète dévie sa trajectoire vers le haut, afin de se donner du temps pour préparer l'appui suivant. De ce fait le recul du pied sous la hanche est plus important, le contact avec le sol s'effectuant proche de la verticale de la hanche. Cet exercice est communément appelé « skipping ».

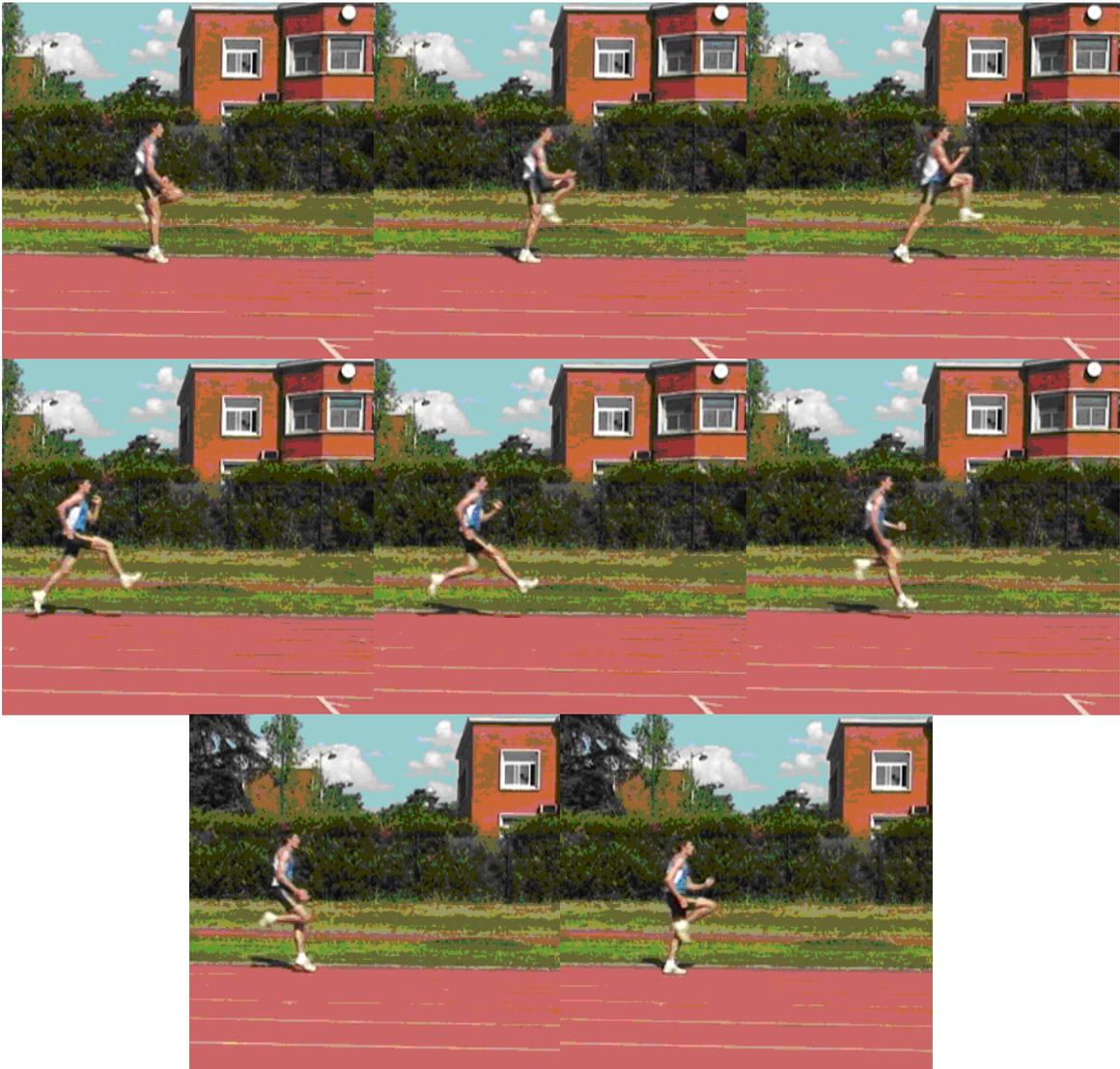


Figure 33: Kinogramme de la gamme n°5

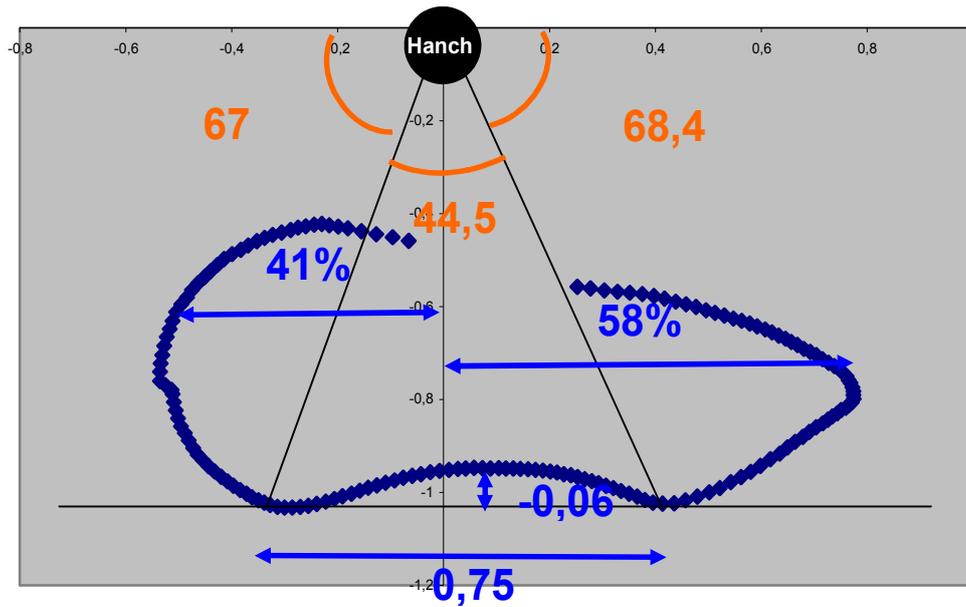


Figure 34: Poulaine de la gamme n°5 affichage des caractéristiques générales.

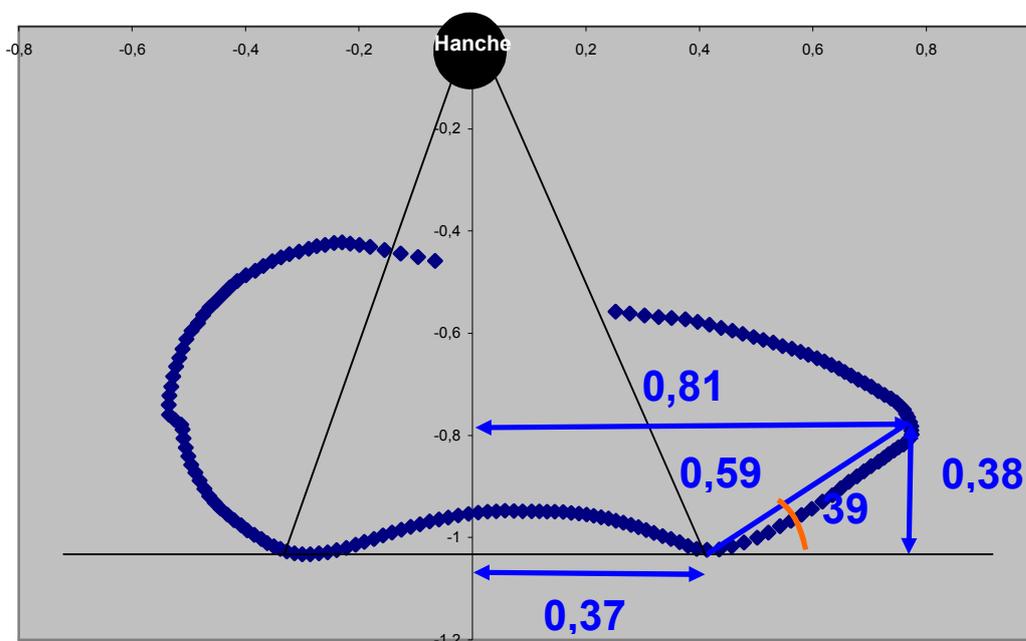
	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart type
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	45,00	44,04	44,52	0,68
2) Angle de pose (degré)	67,82	69,14	68,48	0,93
3) Angle au quitté (degré)	67,18	66,83	67,01	0,25
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	-0,06	-0,06	-0,06	0,00
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	0,76	0,75	0,75	0,01
17) % de cycle avant	55,93	61,65	58,79	4,05
18) %de cycle arrière	44,08	38,35	41,21	4,05
19) Temps d'appui (s)	0,17	0,14	0,15	0,02

**Tableau 17: Caractéristiques générales de la gamme n°5.**

Nous retrouvons ici une dynamique de la hanche sur l'appui similaire à l'attitude de course avec un abaissement de la hanche sur l'appui.

### b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui :

#### - Données géométriques :



**Figure 35: Poulaine de la gamme n°5 affichant des données géométriques de la préparation du pied à la pose d'appui.**

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,74	0,88	0,81	0,10
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,38	0,36	0,37	0,02
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,24	0,52	0,38	0,20
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,44	0,74	0,59	0,22
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	33,59	44,56	39,07	7,76

**Tableau 18 : Données géométriques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°5.**

Cet exercice présente une valeur de hauteur du point d'inversion la plus basse de l'ensemble des gammes (8).

## - Données dynamiques :

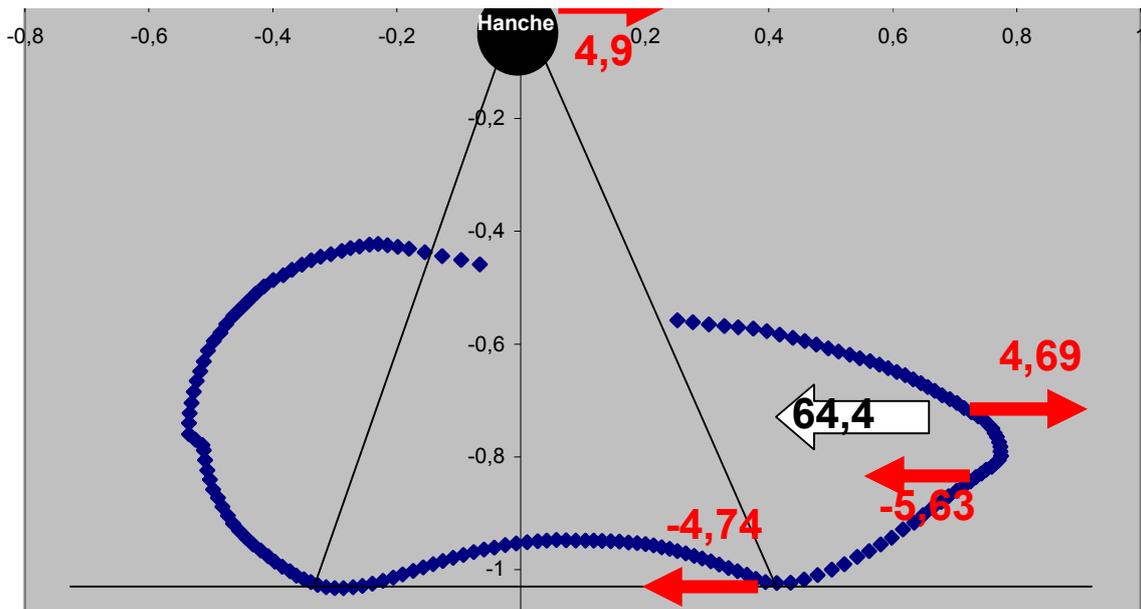


Figure 36 : Poulaine de la gamme n°5 affichage des données dynamiques de la préparation du pied à la pose d'appui.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	4,28	5,52	4,90	0,88
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-4,31	-5,18	-4,74	0,62
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	3,96	5,43	4,69	1,04
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-5,58	-5,68	-5,63	0,07
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	59,55	69,43	64,49	6,98

Tableau 19 : Données dynamiques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°5.

L'accélération moyenne d'inversion (15) est la plus importante de l'ensemble des exercices testés. Cette valeur est ici augmentée par l'effort de freinage plus important avant le point d'inversion, le pied allant environ deux fois plus vite vers l'avant que sur les autres gammes.

## 6) Présentation des résultats de la gamme d'entraînement n°5 avec plots :

### a) Caractéristiques générales :

Cette situation reprend la motricité de la gamme n°5, mais cette fois-ci avec une contrainte spatiale, horizontale par une distance de foulée d'environ 1m20, (4 pieds taille 45) et verticale par une hauteur de plot d'environ 20cm.

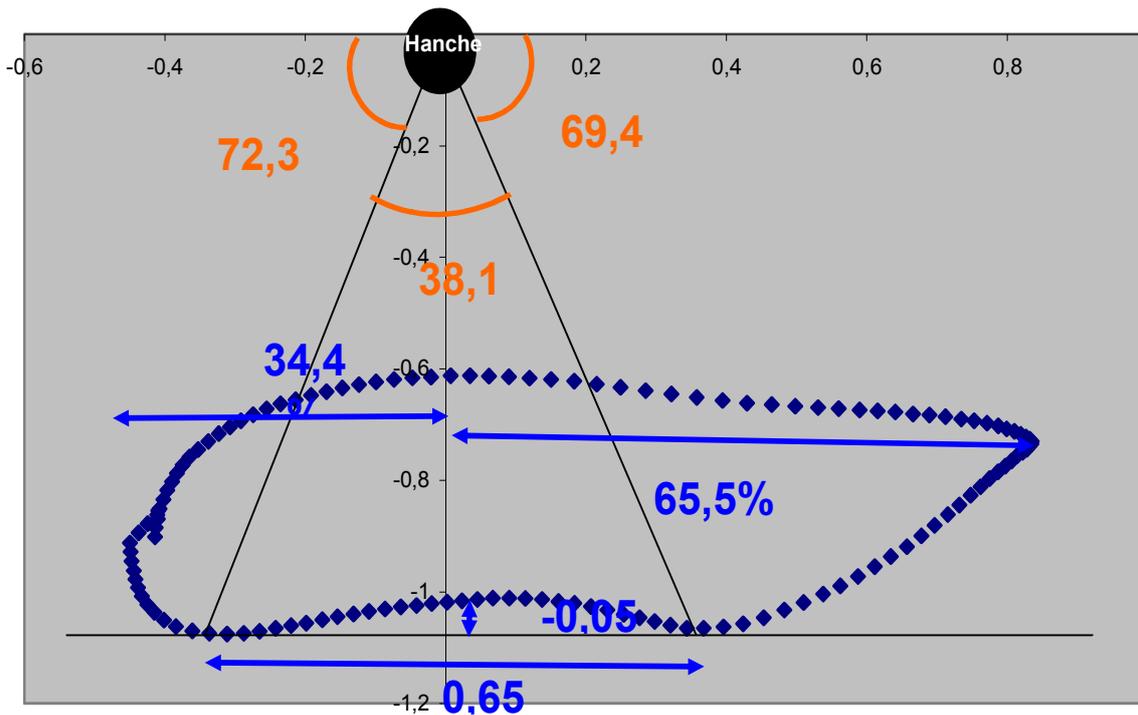


Figure 37: Poulaine de la gamme n°5 avec plots : affichage des caractéristiques générales.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type	Moyen G5 du 13/11/07
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	35,107	41,27	38,19	4,35	44,52
2) Angle de pose (degré)	70,551	68,41	69,48	1,52	68,48
3) Angle au quitté (degré)	74,342	70,33	72,33	2,84	67,01
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	-0,049	-0,05	-0,05	0,00	-0,06
7) Distance parcourue sur appui (m)	0,603	0,70	0,65	0,07	0,75
16) % de cycle avant	66,1	65	65,55	0,78	58,79
17) %de cycle arrière	33,9	35	34,45	0,78	41,21
18) Temps d'appui (s)	0,124	0,124	0,12	0,00	0,15

Tableau 20 : Caractéristiques générales de la gamme n°5 avec plots.

L'influence de la contrainte spatiale mise en place a tendance à faire diminuer le secteur balayé (1), et le temps de contact (18). Il accentue en revanche le cycle avant (16).

**b) Caractéristique de la préparation du pied à la pose d'appui :**

**- Données géométriques :**

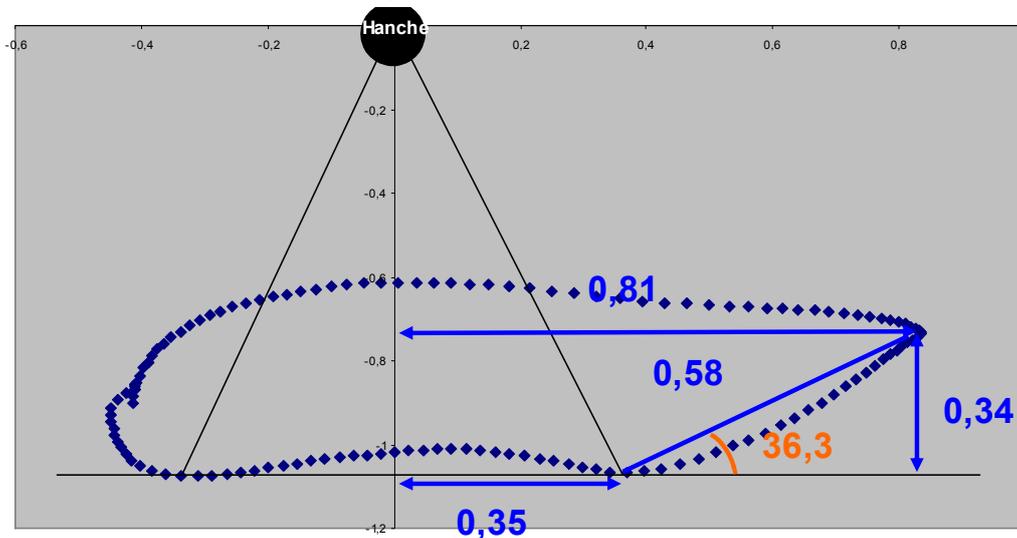


Figure 38: Poulaine de la gamme n°5 avec plots : affichage des données géométriques de la préparation du pied à la pose d'appui.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type	Moyen G5 du 13/11/07
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,794	0,83	0,81	0,03	0,81
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,333	0,37	0,35	0,02	0,37
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,338	0,35	0,34	0,01	0,38
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,572	0,58	0,58	0,01	0,59
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	36,264	36,50	36,38	0,17	39,07

Tableau 21 : Données géométriques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°5 avec plots.

**- Données dynamiques :**

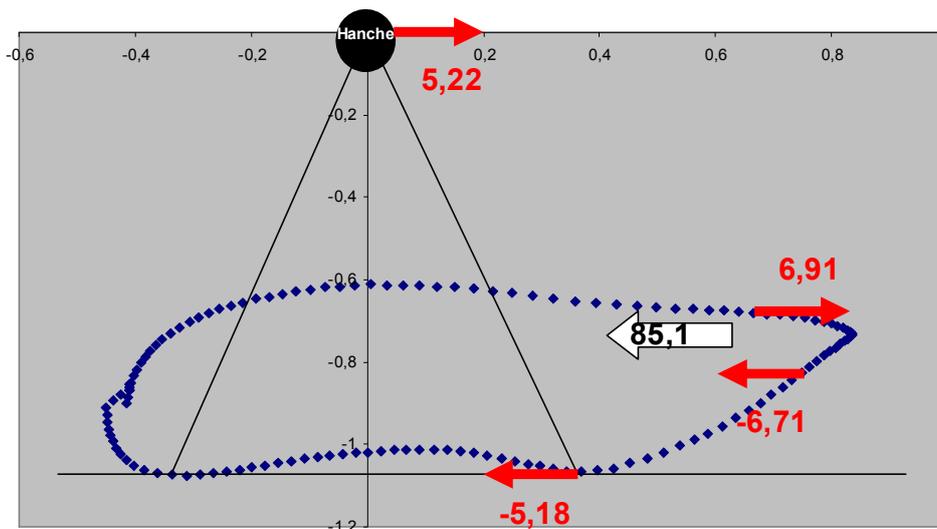


Figure 69 : Poulaine de la gamme n°5 avec plots : affichage des données dynamiques de la préparation du pied à la pose d'appui.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type	Moyen G5 du 13/11/07
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied	4,793	5,65	5,22	0,60	4,90
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche à la pose	-4,579	-5,78	-5,18	0,85	-4,74
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion	5,970	7,85	6,91	1,33	4,69
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion	-6,310	-7,11	-6,71	0,57	-5,63
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	76,8	93,5	85,15	11,81	64,49

**Tableau 22 : Données dynamiques de la préparation à la pose de l'appui pour la gamme n°5 avec plot.**

Sur le plan dynamique, on observe que les sujets sont allés plus vite sur la situation avec plots, ce qui a eu comme conséquence l'augmentation de l'accélération moyenne d'inversion (15), le pied arrive et repart plus vite de part et d'autre du point d'inversion (13), (14).

## B. Présentation des résultats à vitesse maximale :

Dans un but méthodologique, nous présentons ici dans un premier temps, les données de la vitesse pour les sujets ayant participé aux prises de vue des gammes d'entraînement. Ces résultats nous serviront dans la comparaison des gammes avec l'activité sprint. Nous présenterons ensuite les résultats globaux incluant deux autres sujets qui ont participé aux prises de vue à vitesse maximale. Ces données seront utilisées dans la discussion sur la préparation du pied de la course de vitesse.

### 1) Résultats de Samuel et Adrien lors de la session à vitesse maximale :

#### a) Caractéristiques générales :

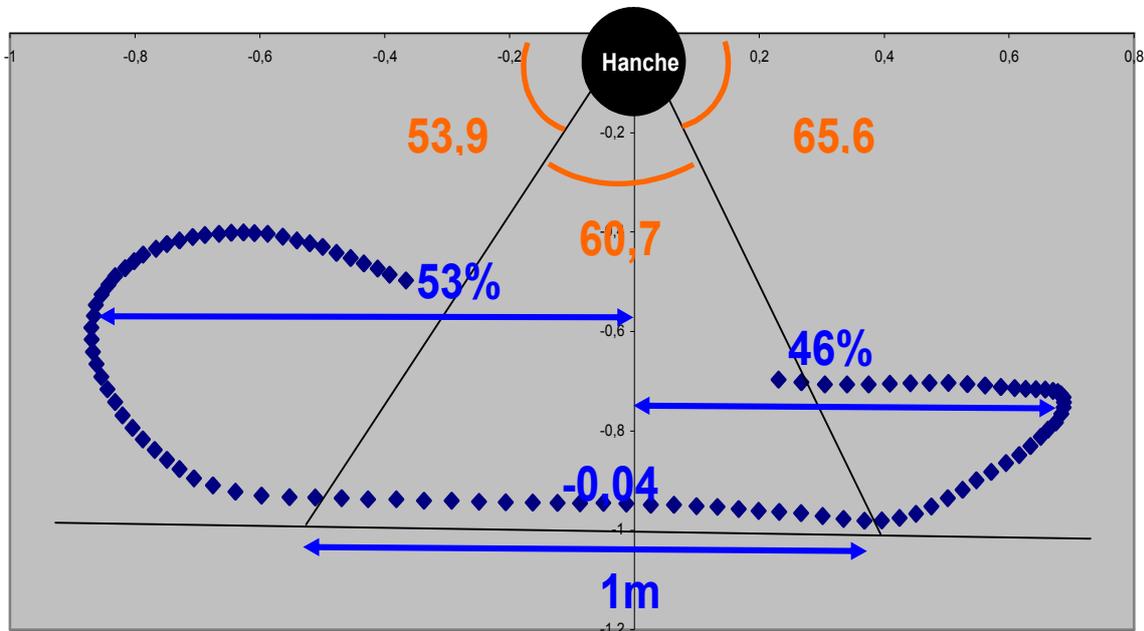


Figure 40: Poulaine reprenant les caractéristiques générales de la course de vitesse.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart type
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	58,27	63,18	60,73	3,47
2) Angle de pose (degré)	68,41	62,96	65,69	3,85
3) Angle au quitté (degré)	53,32	53,85	53,59	0,37
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	-0,043	-0,046	-0,04	0,00
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	0,97	1,04	1	0,05
17) % de cycle avant	44,2	49,6	46,9	3,82
18) % de cycle arrière	55,8	50,4	53,1	3,82
19) Temps d'appui (s)	0,100	0,104	0,102	0,00

Tableau 23 : Caractéristiques générales de la course de vitesse.

La poulaine de nos sprinteurs a une répartition autour de la hanche quasiment équilibrée en faveur du cycle arrière ( $53,1 \pm 3,82$ ). Ces résultats corroborent ceux de la littérature,  $53,91$  pour Natta et Réga en 2001. Tout comme la distance de 1 mètre parcourue sur l'appui.

Au niveau des angles caractérisant le cône d'impulsion, les résultats obtenus sont, après vérification, conformes à la littérature, même si les données sont différentes. En effet, ces valeurs sont traditionnellement obtenues par les angles entre la jambe anatomique et le sol. Dans notre étude, les valeurs sont ici prises entre la pointe du pied et la hanche, ce qui a comme principal avantage d'ajouter l'articulation du genou dans le calcul des paramètres angulaires du cône d'impulsion.

## b) Caractéristiques de la préparation du pied à la pose d'appui :

### - Données géométriques :

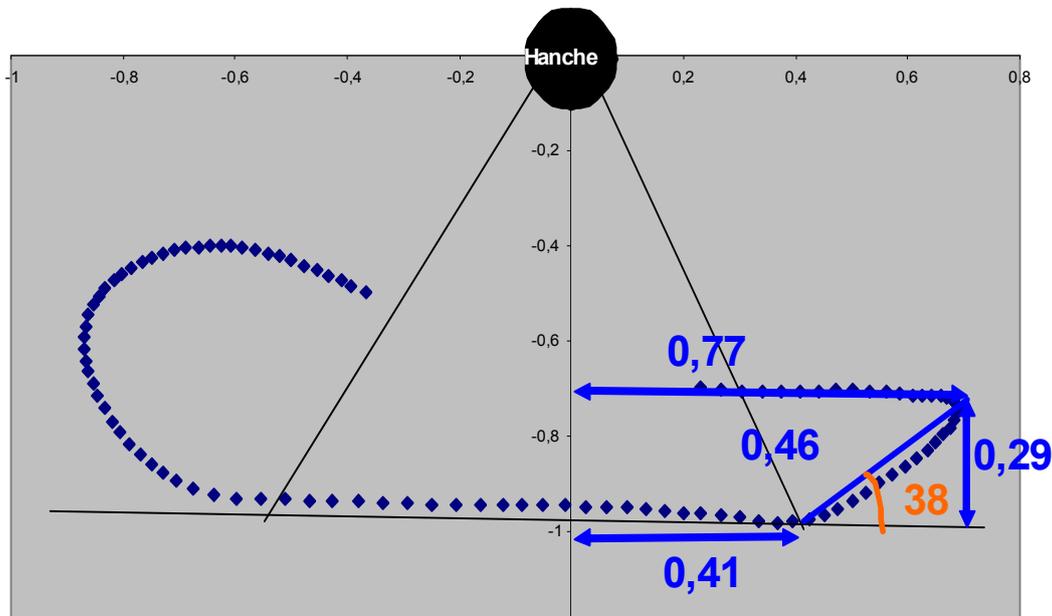


Figure 41: Poulaine reprenant les données géométriques de la préparation à la pose d'appui lors de la course de vitesse.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,69	0,85	0,77	0,11
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,37	0,45	0,41	0,06
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,24	0,33	0,29	0,06
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,4	0,52	0,46	0,08
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	36,74	40	38,37	2,31

Tableau 24 : Données géométriques de la préparation à la pose de l'appui pour la course de vitesse.

Avec un recul du pied de 46,7% par rapport à la distance maximale du pied à la hanche (5), les valeurs d'indice de griffé de nos sujets sont comprises entre les sujets experts et très

experts de l'étude de Natta [21], citée dans la revue de littérature. Cela pourrait s'expliquer par le fait que nos sujets sont spécialistes de 110 mètres haies. L'exigence de l'activité leurs demande d'être de bons sprinteurs. Ils s'éloignent cependant des caractéristiques des meilleurs sprinteurs.

### - Données dynamiques :

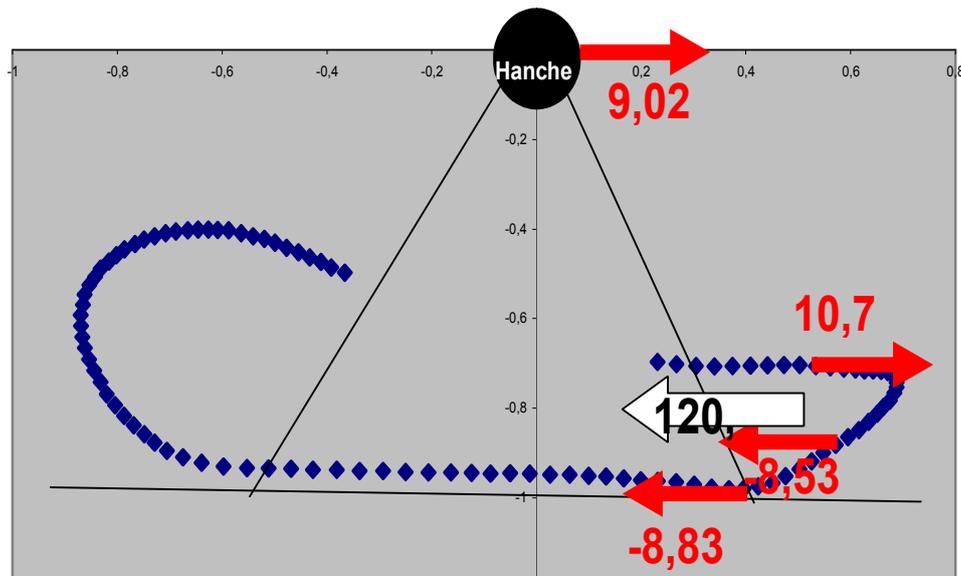


Figure 42: Poulaine reprenant les caractéristiques dynamiques de la préparation du pied à la pose d'appui pour la course de vitesse.

	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart Type
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	8,67	9,38	9,02	0,50
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-8,39	-9,27	-8,83	0,62
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	9,18	12,32	10,75	2,22
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-8,49	-8,56	-8,53	0,05
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	110,50	130,50	120,50	14,14

Tableau 25: Données dynamiques de la préparation à la pose de l'appui pour la course de vitesse.

## 2) Résultats globaux de la prise de vue à vitesse maximale :

	Cédric	Natacha	Samuel	Adrien	Moyenne	Ecart type
<b>Caractéristiques générales</b>						
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	64,22	53,6	58,27	63,18	59,82	4,89
2) Angle de pose (degré)	66,39	66,57	68,41	62,96	66,08	2,27
3) Angle au quitté (degré)	49,4	59,82	53,32	53,85	54,1	4,30
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	-0,043	-0,036	-0,043	-0,046	-0,04	0,00
7) Distance parcourue sur appui (m)	1,05	0,9	0,97	1,04	0,99	0,07
17) % de cycle avant	43,4	42	44,2	49,6	44,8	3,33
18) %de cycle arrière	56,6	58	55,8	50,4	55,2	3,33
19) Temps d'appui (s)	0,104	0,112	0,1	0,104	0,11	0,01
<b>Préparation à l'appui/Données géométriques</b>						
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,65	0,59	0,69	0,85	0,7	0,11
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,4	0,4	0,37	0,45	0,41	0,03
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,22	0,18	0,24	0,33	0,25	0,06
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,34	0,27	0,4	0,52	0,38	0,11
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	41,85	43,7	36,74	40	40,57	2,97
<b>Préparation à l'appui/Données dynamiques</b>						
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	8,96	7,76	8,67	9,38	8,69	0,69
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-9,01	-7,68	-8,39	-9,27	-8,59	0,71
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	9,96	10,3	9,18	12,32	10,6	1,34
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-9,88	-7,06	-8,49	-8,56	-8,04	1,15
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	124	108,5	110,5	130,5	116,5	10,62

Tableau 26 : Tableau des résultats de l'ensemble des sujets qui ont réalisé la course à vitesse maximale.

### C. Evolution des gammes d'entraînement au cours de la saison hivernale :

Afin d'observer l'évolution des facteurs étudiés entre les différentes sessions, nous avons calculé les courbes de régression linéaire pour chacun des sujets, par type de gamme.

Pour qu'il soit considéré qu'un paramètre d'une gamme évolue de façon significative dans le temps, nous avons choisi de retenir les valeurs de coefficient de régression supérieure à 0,5 pour les deux sujets, et ce, pour un même sens de régression.

	G1		G2		G3		G4		G5	
	Samuel	Adrien								
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	0,418	0,111	0,868	0,003	0,349	0,687	0,146	0,046	0,003	0,144
2) Angle de pose (degré)	0,855	0,299	0,265	0,975	0,031	0,581	0,146	0,020	0,028	0,353
3) Angle au quitté (degré)	0,341	0,041	0,495	0,564	0,358	0,555	0,115	0,020	0,002	0,073
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	0,561	0,100	0,109	0,872	0,056	0,076	0,300	0,003	0,865	0,638
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,735	0,025	0,487	0,123	0,290	0,974	0,906	0,061	0,214	0,421
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,856	0,306	0,263	0,975	0,034	0,584	0,139	0,021	0,214	0,421
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	0,445	0,104	0,121	0,008	0,331	0,719	0,142	0,038	0,025	0,347
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,329	0,224	0,470	0,764	0,838	0,807	0,352	0,616	0,002	0,143
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,929	0,224	0,223	0,685	0,568	0,686	0,300	0,443	0,009	0,949
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	0,883	0,071	0,836	0,373	0,221	0,876	0,018	0,952	0,866	0,899
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	0,355	0,202	0,138	0,695	0,107	0,801	0,020	0,231	0,433	0,785
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	0,337	0,730	0,197	0,286	0,465	0,291	0,470	0,037	0,006	0,409
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion	0,473	0,318	0,415	0,637	0,095	0,185	0,701	0,051	0,034	0,484
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion	0,117	0,601	0,179	0,559	0,132	0,541	0,816	0,304	0,061	0,108
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	0,816	0,143	0,018	0,043	0,132	0,541	0,045	0,115	0,271	0,141
16) % de cycle avant	0,164	0,016	0,110	0,008	0,264	0,442	0,548	0,594	0,082	0,224
17) %de cycle arrière	0,164	0,016	0,110	0,008	0,264	0,442	0,548	0,594	0,082	0,224
18) Temps d'appui	0,443	0,335	0,306	0,314	0,355	0,005	0,675	0,025	0,260	0,477

Tableau 27: Coefficient de régression au cours des quatre sessions

Sur l'ensemble des paramètres étudiés, seul un paramètre évoluerait de façon linéaire chez les deux sujets au cours des 4 sessions. Il s'agit de l'abaissement de la hanche sur l'appui qui aurait tendance à diminuer.

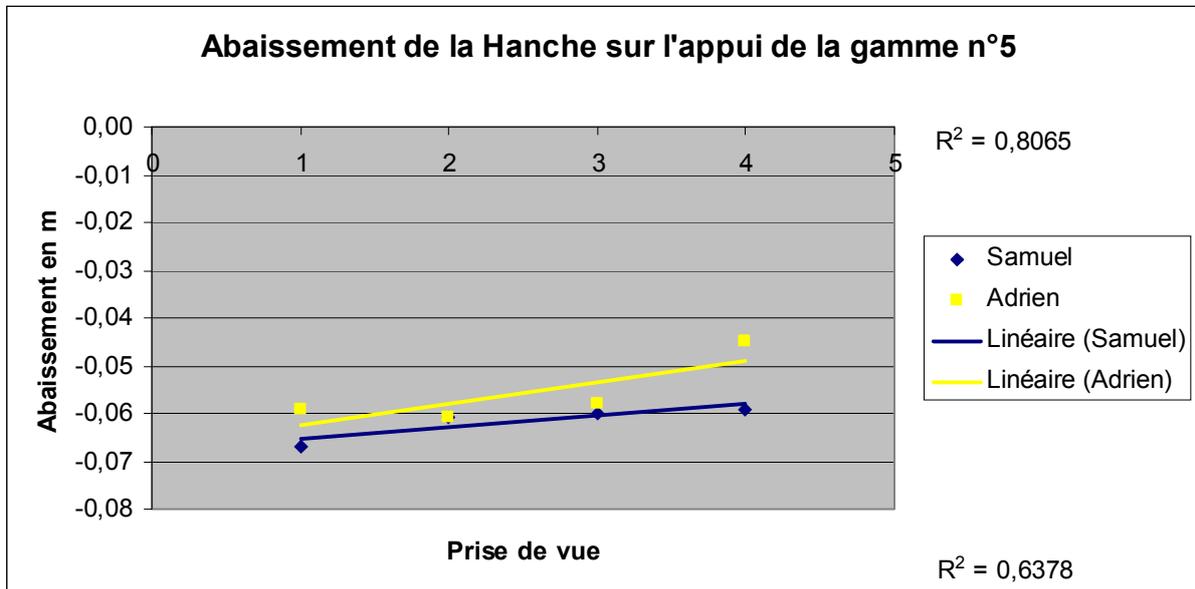


Figure 43: Courbe de tendance de l'abaissement de la hanche sur l'appui pour la gamme n°5.

Les autres paramètres ne semblent pas évoluer de manière significative avec le temps. Comme si ces différentes gammes d'exercices étaient reproduites à l'identique tout au long de la saison.

## D. Spécificité des gammes d'entraînement par rapport à l'activité sprint

Pour caractériser la spécificité des gammes d'entraînement par rapport à l'activité de la course à vitesse maximale, nous avons choisi de mettre en place un indice de spécificité. Cet indice représente pour chacun des paramètres de l'étude, la part prise par la valeur de la gamme en fonction de la valeur de la vitesse qui constitue le 100%.

Nous avons ensuite arbitrairement défini des plages de spécificité autour de 100%, ce qui nous permettra de classer les gammes en fonction de leur spécificité.



Les valeurs comprises dans une fourchette de plus ou moins 15% autour de la valeur de référence, nous apparaissent comme très spécifiques à l'activité (TS). Les valeurs s'écartant encore de 15% autour de cette première limite nous semblent peu spécifiques (PS). Au delà de plus ou moins 30% les valeurs seront décrétées non spécifiques (NS).

### 1) Spécificité de la gamme n°1 :

	G1	Vitesse	Indice de spécificité	Appréciation
<b>Caractéristiques générales</b>				
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	55,55	60,73	91,5	TS
2) Angle de pose (degré)	59,86	65,69	91,1	TS
3) Angle au quitté (degré)	64,59	53,59	120,5	PS
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	0,07	-0,04	-148,9	NS
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	0,93	1,01	92,5	TS
16) % de cycle avant	63,54	46,90	135,5	NS
17) %de cycle arrière	36,46	53,10	68,7	NS
18) Temps d'appui (s)	0,90	0,10	877,9	NS
<b>Préparation à l'appui/Données géométriques</b>				
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,85	0,77	109,8	TS
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,50	0,41	122,4	PS
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,51	0,29	180,0	NS
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,62	0,46	134,8	NS
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	55,32	38,37	144,2	NS
<b>Préparation a l'appui/Données dynamiques</b>				
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	1,72	9,02	19,1	NS
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche a la pose (m/s)	-2,16	-8,83	24,5	NS
13) Vitesse a -0,08s du point d'inversion (m/s)	1,35	10,75	12,5	NS
14) Vitesse a +0,08s du point d'inversion (m/s)	-1,41	-8,53	16,5	NS
15) Accélération moyenne (m.s-2)	17,48	120,50	14,5	NS

Tableau 28 : Spécificité de la gamme n°1

## 2) Spécificité de la gamme n°2 :

	G2	Vitesse	Indice de spécificité	Appréciation
<b>Caractéristiques générales</b>				
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	54,22	60,73	89,3	TS
2) Angle de pose (degré)	59,42	65,69	90,5	TS
3) Angle au quitté (degré)	66,37	53,59	123,9	PS
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	0,04	-0,04	-92,8	NS
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	0,91	1,01	90,3	TS
16) % de cycle avant	65,68	46,90	140,0	NS
17) %de cycle arrière	34,33	53,10	64,6	NS
18) Temps d'appui (s)	0,68	0,10	662,7	NS
<b>Préparation à l'appui/Données géométriques</b>				
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,93	0,77	120,2	PS
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,51	0,41	123,8	PS
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,61	0,29	214,1	NS
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,74	0,46	161,0	NS
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	55,33	38,37	144,2	NS
<b>Préparation a l'appui/Données dynamiques</b>				
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	2,17	9,02	24,0	NS
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche a la pose (m/s)	-3,89	-8,83	44,1	NS
13) Vitesse a -0,08s du point d'inversion (m/s)	2,61	10,75	24,3	NS
14) Vitesse a +0,08s du point d'inversion (m/s)	-4,99	-8,53	58,6	NS
15) Accélération moyenne (m.s-2)	47,51	120,50	39,4	NS

Tableau 29:Spécificité de la gamme n°2

## 3) Spécificité de la gamme n°3 :

	G3	Vitesse	Indice de spécificité	Appréciation
<b>Caractéristiques générales</b>				
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	67,89	60,73	111,8	TS
2) Angle de pose (degré)	61,82	65,69	94,1	TS
3) Angle au quitté (degré)	50,29	53,59	93,9	TS
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	0,05	-0,04	-106,5	NS
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	1,10	1,01	109,8	TS
16) % de cycle avant	58,50	46,90	124,7	PS
17) %de cycle arrière	41,50	53,10	78,2	PS
18) Temps d'appui (s)	0,70	0,10	681,9	NS
<b>Préparation à l'appui/Données géométriques</b>				
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,89	0,77	115,7	PS
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,47	0,41	114,8	TS
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,55	0,29	192,8	NS
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,69	0,46	150,6	NS
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	52,59	38,37	137,1	NS
<b>Préparation a l'appui/Données dynamiques</b>				
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	2,23	9,02	24,7	NS
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche a la pose (m/s)	-3,73	-8,83	42,3	NS
13) Vitesse a -0,08s du point d'inversion (m/s)	2,33	10,75	21,7	NS
14) Vitesse a +0,08s du point d'inversion (m/s)	-3,67	-8,53	43,1	NS
15) Accélération moyenne (m.s-2)	40,80	120,50	33,9	NS

Tableau 30:Spécificité de la gamme n°3

#### 4) Spécificité de la gamme n°4 :

	G4	Vitesse	Indice de spécificité	Appréciation
<b>Caractéristiques générales</b>				
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	44,43	60,73	73,2	PS
2) Angle de pose (degré)	63,10	65,69	96,1	TS
3) Angle au quitté (degré)	72,46	53,59	135,2	NS
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	0,03	-0,04	-72,3	NS
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	0,75	1,01	74,5	PS
16) % de cycle avant	61,82	46,90	131,8	NS
17) %de cycle arrière	38,18	53,10	71,9	PS
18) Temps d'appui (s)	0,50	0,10	494,4	NS
<b>Préparation à l'appui/Données géométriques</b>				
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,93	0,77	120,8	PS
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,45	0,41	110,0	TS
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,55	0,29	194,6	NS
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,73	0,46	159,7	NS
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	49,19	38,37	128,2	PS
<b>Préparation a l'appui/Données dynamiques</b>				
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	2,04	9,02	22,6	NS
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche a la pose (m/s)	-3,23	-8,83	36,6	NS
13) Vitesse a -0,08s du point d'inversion (m/s)	3,17	10,75	29,5	NS
14) Vitesse a +0,08s du point d'inversion (m/s)	-2,16	-8,53	25,3	NS
15) Accélération moyenne (m.s-2)	33,26	120,50	27,6	NS

Tableau 31: Spécificité de la gamme n°4

#### 5) Spécificité de la gamme n°5 :

	Moyenne G5	Vitesse	Indice de spécificité	Appréciation
<b>Caractéristiques générales</b>				
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	44,52	60,73	73,3	PS
2) Angle de pose (degré)	68,48	65,69	104,3	TS
3) Angle au quitté (degré)	67,01	53,59	125,0	PS
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	-0,06	-0,04	132,0	NS
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	0,75	1,01	75,1	PS
16) % de cycle avant	58,79	46,90	125,3	PS
17) %de cycle arrière	41,21	53,10	77,6	PS
18) Temps d'appui (s)	0,15	0,10	150,5	NS
<b>Préparation à l'appui/Données géométriques</b>				
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,81	0,77	105,6	TS
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,37	0,41	89,4	TS
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,38	0,29	134,0	NS
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,59	0,46	128,5	PS
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	39,07	38,37	101,8	TS
<b>Préparation a l'appui/Données dynamiques</b>				
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	4,90	9,02	54,3	NS
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche a la pose (m/s)	-4,74	-8,83	53,7	NS
13) Vitesse a -0,08s du point d'inversion (m/s)	4,69	10,75	43,7	NS
14) Vitesse a +0,08s du point d'inversion (m/s)	-5,63	-8,53	66,0	NS
15) Accélération moyenne (m.s-2)	64,49	120,50	53,5	NS

Tableau 32: Spécificité de la gamme n°5

## 6) Spécificité de la gamme n°5 avec plots :

	Moyenne plot	Vitesse	Indice de spécificité	Appréciation
<b>Caractéristiques générales</b>				
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	38,19	60,73	62,9	NS
2) Angle de pose (degré)	69,48	65,69	105,8	TS
3) Angle au quitté (degré)	72,33	53,59	135,0	NS
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)	-0,05	-0,04	112,4	TS
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	0,65	1,01	64,7	NS
16) % de cycle avant	65,55	46,90	139,8	NS
17) %de cycle arrière	34,45	53,10	64,9	NS
18) Temps d'appui (s)	0,12	0,10	117,6	PS
<b>Préparation à l'appui/Données géométriques</b>				
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,81	0,77	105,2	TS
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	0,35	0,41	85,4	TS
8) Hauteur du point d'inversion (m)	0,34	0,29	119,3	PS
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)	0,58	0,46	126,1	PS
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)	36,38	38,37	94,8	TS
<b>Préparation a l'appui/Données dynamiques</b>				
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	5,22	9,02	57,9	NS
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche a la pose (m/s)	-5,18	-8,83	58,7	NS
13) Vitesse a -0,08s du point d'inversion (m/s)	6,91	10,75	64,3	NS
14) Vitesse a +0,08s du point d'inversion (m/s)	-6,71	-8,53	78,7	PS
15) Accélération moyenne (m.s-2)	85,15	120,50	70,7	PS

Tableau 33: Spécificité de la gamme n°5 avec plots

## 7) Récapitulatif de la spécificité des gammes :

	G1	G2	G3	G4	G5	G5 plt
<b>Caractéristiques générales</b>						
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	TS	TS	TS	PS	PS	
2) Angle de pose (degré)	TS	TS	TS	TS	TS	TS
3) Angle au quitté (degré)	PS	PS	TS		PS	
4) Abaissement de la Hanche sur l'appui. (m)						TS
7) Distance parcourue sur l'appui (m)	TS	TS	TS	PS	PS	
16) % de cycle avant			PS		PS	
17) %de cycle arrière			PS	PS	PS	
18) Temps d'appui (s)						PS
<b>Préparation à l'appui/Données géométriques</b>						
5) Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	TS	PS	PS	PS	TS	TS
6) Distance pied /Hanche pose (val X en m)	PS	PS	TS	TS	TS	TS
8) Hauteur du point d'inversion (m)						PS
9) Longueur du ramené du pied sous la Hanche (m)					PS	PS
10) Angle du ramené du pied sous la Hanche (degré)				PS	TS	TS
<b>Préparation a l'appui/Données dynamiques</b>						
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)						
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche a la pose (m/s)						
13) Vitesse a -0,08s du point d'inversion (m/s)						
14) Vitesse a +0,08s du point d'inversion (m/s)						PS
15) Accélération moyenne (m.s-2)						PS

Tableau 34: Récapitulatif de la spécificité des gammes

Ce tableau fait apparaître de manière synthétique à l'aide des blocs de couleur, les paramètres des gammes spécifiques à la motricité de la course de vitesse.

En jaune, les angles balayés caractérisant le secteur de l'appui apparaissent hautement spécifiques sur l'ensemble des gammes.

En bleu, les distances horizontales parcourues par le pied à la préparation de l'appui sont également fortement spécifiques sur l'ensemble des gammes.

Le placement du pied au point d'inversion se précise au travers des gammes G4, G5 et G5 plot (Bloc orange).

L'organisation de la répartition du cycle du pied en avant et en arrière de la hanche devient plus spécifique pour les gammes G3, G4 et G5 (Bloc vert).

Enfin les aspects dynamiques de G5 plot, s'approche de la spécificité dynamique de la course de vitesse. (Bloc rouge).

## IV. Discussions :

### A. Discussions à propos de la course à vitesse maximale :

Le différentiel des vitesses de la hanche et du pied à la pose de l'appui, nous renseigne sur l'efficacité du griffé du sprinteur. Il doit rechercher une vitesse de pied par rapport à la hanche qui soit la plus proche de sa vitesse de hanche par rapport au sol. Plus le différentiel des vitesses tend vers zéro, plus les conditions initiales de l'appui sont favorables à un appui efficace.

La mise en relation de ce résultat avec le calcul de l'indice de griffé proposé par NATTA (2003) [21] nous amène à nous questionner sur la pertinence de cet indice.

	Cédric	Natacha	Samuel	Adrien	Moyenne
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied. (m/s)	8,96	7,76	8,67	9,38	8,69
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche à la pose. (m/s)	-9,01	-7,68	-8,39	-9,27	-8,59
Delta Vitesse	-0,05	0,08	0,28	0,11	0,105
% de la vitesse du pied relative à la vitesse de la hanche à la pose	100,5%	98,9%	96,7%	98,8%	98,8%
Indice de griffer	32,20%	38,46%	46,37%	49,41%	

Tableau 35: Mise en relation de l'indice de griffé et du delta de vitesse.

Les valeurs d'indice de griffer n'évoluent pas de façon fidèle avec le delta des vitesses. Les valeurs de l'indice de griffer sont très dépendantes de la distance maximale du pied en avant de la hanche (5). Selon le critère de vitesse les meilleurs griffés n'imposent pas un positionnement du pied très loin de la projection verticale de la hanche au sol.

Si ces résultats étaient confirmés sur un groupe plus large d'athlètes, ils orienteraient le travail non pas vers la recherche d'un cycle avant important, mais laisseraient la place à une adaptation plus personnelle de l'athlète, dans la recherche d'un compromis entre le placement du pied vers l'avant et l'efficacité d'une grande accélération du pied en arrière et ce, en fonction de ses qualités.

L'identification de l'accélération nécessaire à l'inversion du mouvement lors du griffé, nous a permis de mieux nous représenter le travail que doit réaliser la chaîne postérieure lors du griffé. Sur notre groupe d'étude, le pied passe en 80ms d'une vitesse de 10,60 m/s vers l'avant à une vitesse nulle par rapport à la hanche. Pour ce faire, une accélération du pied vers

l'arrière est nécessaire. Cette accélération est maintenue pour engager la vitesse du pied vers l'arrière par rapport à la hanche.

### Vitesse du pied par rapport a la hanche

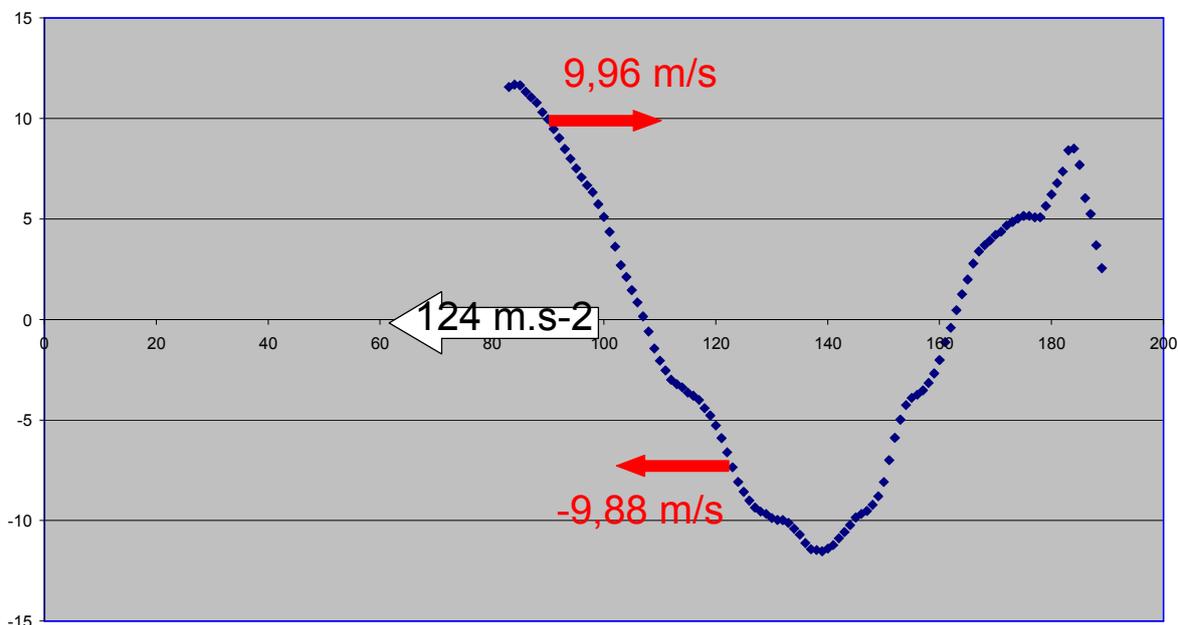


Figure 44: Vitesse du pied par rapport à la hanche de Cédric.

Si l'on met en relation l'indice d'efficacité du griffé avec les valeurs des vitesses autour du point d'inversion, on se rend compte que l'athlète possède le meilleur rapport entre ses valeurs de vitesse de hanche et de pied à la pose de l'appui. Il se distingue des autres sujets par sa capacité à faire reprendre de la vitesse à son pied après le point d'inversion.

	Cédric	Natacha	Samuel	Adrien	Moyenne
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion	9,96	10,3	9,18	12,32	10,6
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion	-9,88	-7,06	-8,49	-8,56	-8,04
Différence des vitesses avant et après le point d'inversion	-0,08	-3,24	-0,69	-3,76	-2,56
% de vitesse du pied récupérée à +80ms du point d'inversion par rapport à sa vitesse à -80ms.	99,1%	68,5%	92,4%	69,4%	82,4%

Tableau 36: Différence des vitesses avant et après le point d'inversion

Il est donc possible que cette capacité d'inversion de la vitesse soit une qualité prépondérante.

Il serait intéressant de pousser des investigations dans ce sens.

Ces données sur l'inversion de la vitesse nous amènent à ne plus concevoir le griffé comme un simple recul du pied d'avant en arrière et du haut vers le bas. Il faut introduire à cette phase de la foulée, le freinage qui le précède.

Ces nouvelles données peuvent aussi être intégrées à la préparation physique du sprinteur, notamment au niveau de la prévention des blessures des ischios-jambiers.

## B. Discussions à propos des gammes d'entraînement :

Sur un plan général, les gammes d'entraînement respectent les valeurs du secteur balayé de la course à vitesse maximale.

Les valeurs géométriques relatives à la pose de l'appui que représentent l'angle de pose (2), et la distance du pied par rapport à la verticale de la hanche (6) sont, quelque soit l'exercice, des données respectant la spécificité de la course de vitesse.

Même si certains exercices ont tendance à augmenter ou à réduire le secteur balayé sur l'appui, le passage du bassin sur l'appui (1) (3) (7) reste dans des valeurs spécifiques à l'activité de vitesse.

L'ensemble de ces exercices exagère le cycle avant du sprinteur. Etant donné que les 6 situations respectent les dimensions horizontales du pied par rapport à la hanche (5) (6), ce cycle avant plus important passe par une élévation du point d'inversion.

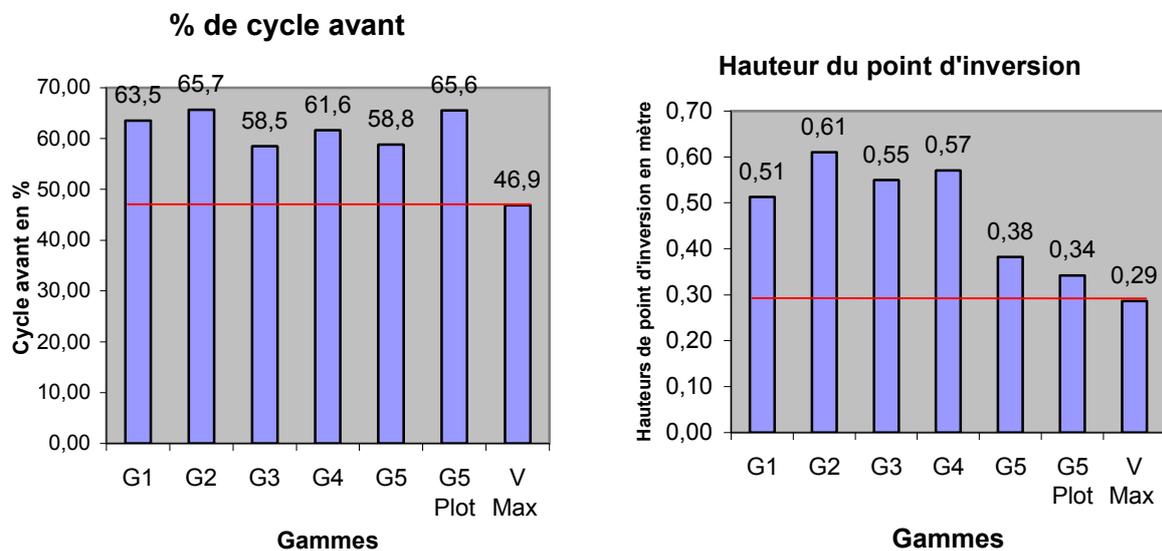
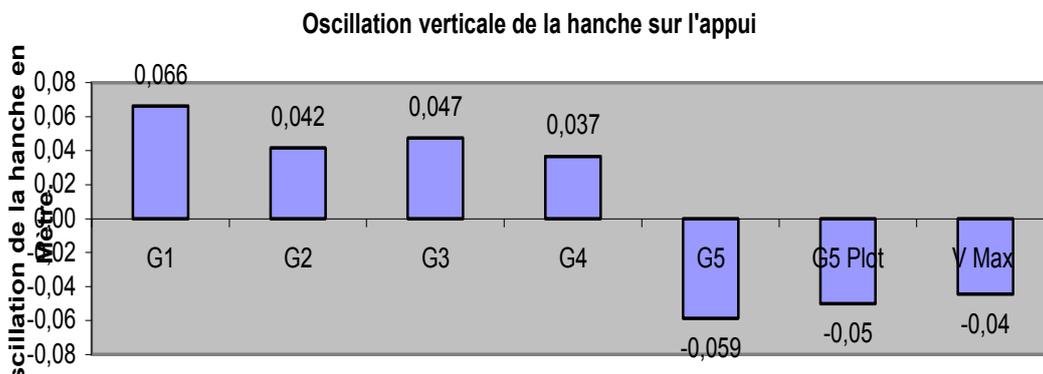


Figure 45 : Comparaison de la hauteur de point d'inversion et du pourcentage de cycle avant.

Seules les valeurs d'oscillations verticales de la hanche sur l'appui ne respectent pas sur les gammes G1, G2, G3, G4, la spécificité de l'activité. En effet nous observons que la jambe reste tendue sur l'appui, ce qui provoque une élévation du bassin sur l'appui. Si cette élévation est certainement la conséquence de la recherche d'un grandissement sur l'appui, résultant de

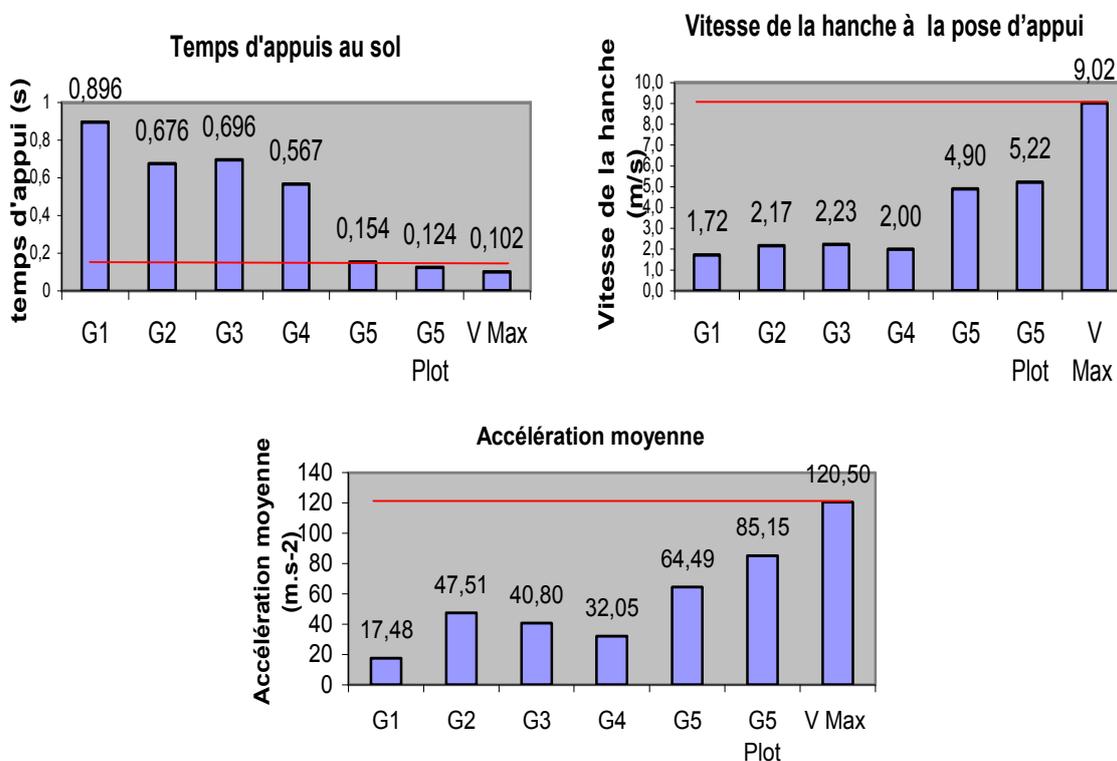
l'intention de limiter la flexion sur l'appui, il est à noter qu'à une vitesse plus importante il est impossible de conserver une jambe tendue lors de l'appui au sol.



**Figure 46: Comparaison de l'oscillation verticale de la hanche sur l'appui.**

L'ensemble de ces résultats nous laisse penser que les gammes d'entraînement respectent la géométrie générale de la course de vitesse. De ce point de vue ces gammes d'entraînement ont une certaine validité dans l'entraînement du sprinteur.

En revanche, les données dynamiques des ces situations d'entraînement sont très éloignées des valeurs de l'activité de vitesse. Les valeurs de temps d'appui (18), de vitesse de la hanche à la pose d'appui (5), ou encore d'accélération moyenne nécessaire à l'inversion du mouvement du pied (15), nous laissent penser que la composante dynamique de ces exercices est peu spécifique au regard de l'activité sprint.



**Figure 47: Comparaison des temps d'appui au sol, de la vitesse de la hanche à la pose d'appui et de l'accélération autour du point d'inversion.**

L'athlète exploite ces gammes pour affiner ses repères proprioceptifs à des vitesses de déplacement bien inférieures à l'activité. Elles se justifient dans la logique d'un apprentissage de la motricité de la course de vitesse (grandissement, équilibre, enchaînement d'action, coordination bras jambe etc.). Cet ensemble d'activités de faible intensité permet à l'entraîneur de doser l'intensité des séances d'entraînement qui ne peuvent pas être constamment consacrées à des vitesses de déplacement élevées.

L'observation de l'évolution de ces gammes dans le temps, nous informe que l'idée d'une montée en intensité au fil de la saison sur ces exercices n'est pas vérifiée. L'observation des écarts-type sur l'ensemble des paramètres fait apparaître un tout autre résultat. Elle nous amène à nous questionner sur l'investissement des sportifs sur ces exercices de routine d'entraînement. Il est en effet possible qu'en fonction de ses envies, sans que ce processus apparaisse de façon volontaire, l'athlète s'investit plus ou moins dans cette activité.

L'interprétation des données dynamiques sur la gamme d'entraînement G5 avec et sans plots renforce cette impression. La contrainte spatiale de l'exercice, lors d'une même session de prise de vue, va avoir tendance à faire augmenter les valeurs de vitesse de déplacement (11), de vitesse de pied autour du point d'inversion(12) (13) et d'accélération moyenne (15). On observe même que pour cette session, alors que le secteur balayé est augmenté sur la situation avec plots (1), les temps de contact au sol sont réduits. Ces résultats vont dans le sens d'un engagement supérieur sur la situation avec plots.

	Moyenne G5 du 13/11/07	G5 plot (13/11/07)
1) Secteur balayé sur l'appui (degré)	35,47	38,19
18) Temps de contact au sol (s)	0,16	0,124
11) Vitesse horizontale de la Hanche/sol à la pose du pied (m/s)	4,03	5,22
12) Vit horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-3,87	-5,18
13) Vitesse a -0,08s du point d'inversion (m/s)	3,65	6,91
14) Vitesse a +0,08s du point d'inversion (m/s)	-5,34	-6,71
15) Accélération moyenne (m.s-2)	56,2	85,15

**Tableau 37: Comparaison des données dynamiques de la gamme G5 avec et sans plot**

Il est peut être souhaitable, afin de casser l'aspect routinier de ces exercices que l'entraîneur mette en place des contraintes spatiales ou temporelles, afin d'avoir un contrôle de l'engagement de ses athlètes sur ces exercices. L'utilisation de situations chronométrées ou en duel, d'espaces matérialisés, ou encore de l'accélérométrie par la comparaison des patterns d'accélération de la hanche, réalisés à intervalle régulier lors de la saison, semblent être des pistes à explorer.

Chacune de ces gammes d'entraînement ont des caractéristiques qui lui sont propres, et qui s'éloignent plus ou moins de la motricité de la course de vitesse. Il nous semble intéressant que l'entraîneur oriente ses consignes vers les caractéristiques intéressantes de la gamme d'entraînement.

La gamme n°1, est une marche avec cycle avant. L'accélération nécessaire à l'inversion du mouvement est très faible, ce qui nous renseigne sur le fait que l'athlète ne recherche pas à accélérer son pied lors de la phase de préparation de l'appui. En revanche cette gamme respecte les données géométriques relatives à la pose de l'appui (2) (3), et au secteur balayé sur cet appui (1) (3) (7). Les consignes de cet exercice devront porter sur des repères géométriques, tel que la pose de l'appui proche de la verticale du bassin, et sur l'action de balayer un secteur important sur l'appui.

La gamme n°2 introduit une dimension dynamique par rapport à la première gamme. Si les consignes peuvent toujours porter sur des repères géométriques, on observe que l'accélération moyenne (15) nécessaire pour l'inversion du mouvement du pied est supérieure. Cette accélération est principalement due à une création de vitesse après le point d'inversion (14). Ensuite cette vitesse est entretenue jusqu'à la pose du pied (12). Les consignes de cet exercice devront s'orienter vers la recherche d'une prise de vitesse du pied une fois qu'il a atteint sa position avant, afin de donner à l'athlète l'intention d'accélérer son pied avant le contact au sol.

La gamme n°3 est une exagération du secteur balayé sur l'appui. La trajectoire de la poulaine nous indique que l'athlète réalise une impulsion de la jambe d'appui afin d'accélérer son pied vers l'avant, et d'inverser ensuite son pied vers l'arrière. L'accélération moyenne (15) de cet exercice est principalement due à la vitesse après le point d'inversion (14). Les consignes de l'entraîneur devront porter sur l'accélération de la préparation du pied à la pose d'appui ainsi que sur un bassin qui balaie un secteur important sur l'appui.

Si la gamme n°4 reprend la motricité de préparation à la pose d'appui de la gamme précédente, nous observons que les données dynamiques de la préparation de la pose d'appui diffèrent. Afin de faciliter l'exécution de son rebond lors de l'appui, l'athlète va contrôler la

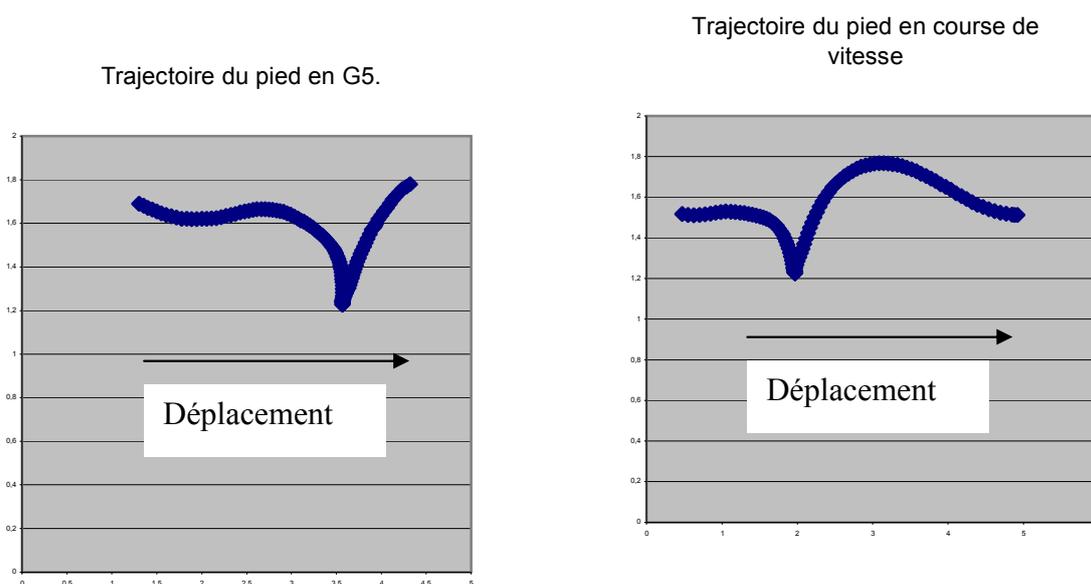
vitesse de son pied avant le contact au sol (12) (13) (14). L'impulsion du rebond rentre en conflit avec l'inversion du mouvement lors de la préparation du pied.

	Gamme 3	Gamme 4
12) Vitesse horizontale de pied/Hanche à la pose (m/s)	-3,73	-3,23
13) Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	2,33	3,17
14) Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-3,67	-2,16
15) Accélération moyenne (m.s <sup>-2</sup> )	40,8	33,26

**Tableau 38: comparaison des données dynamiques du pied avant la pose d'appui entre les gammes 3 et 4.**

Ce comportement ne semble pas respecter les intentions que l'on souhaite transmettre à l'athlète lors de la phase d'inversion du mouvement. Pour rendre l'exécution de cet exercice valide, il nous semble important que l'entraîneur exige une accélération du mouvement avant le contact au sol. Cette exigence aura certainement pour effet de complexifier l'exercice, en rendant la conservation des alignements plus difficile. Cette nouvelle contrainte semble aller dans le sens de l'objectif de l'entraîneur qui souhaite par cet exercice perturber les alignements de l'athlète.

Sur le plan géométrique la gamme n°5 va accentuer la pose du pied proche de la verticale abaissée de la hanche. Cette pose de pied plus proche est effectuée par un recul du pied par rapport au déplacement de l'athlète. A vitesse maximale, le sprinteur ne peut pas effectuer ce comportement, la vitesse de déplacement étant trop importante. Une partie des consignes doit porter sur la recherche de ce recul du pied, qui passe par une importante accélération d'inversion du mouvement.



**Figure 78: Comparaison de la trajectoire du pied entre la gamme n°5 et la course de vitesse.**

Pour accentuer le cycle avant sur cet exercice, l'athlète va avoir tendance à dévier sa trajectoire vers le haut de façon à se donner du temps pour réaliser sa préparation à l'appui.

Cette augmentation de la flèche qui va faire retomber l'athlète d'une hauteur plus importante, avec un pied proche de la verticale abaissée de la hanche(6), oblige l'athlète à une flexion plus importante sur l'appui(4). Déplacement

Cette flexion sur l'appui n'est pas spécifique à l'activité de vitesse, où l'athlète s'adapte pour limiter cette flexion afin d'avoir un temps de contact au sol bref. Pour rendre l'exercice plus spécifique à la vitesse, l'entraîneur devrait demander à ses athlètes une trajectoire du bassin la plus horizontale possible.

Sur le plan géométrique l'influence des plots sur la gamme n°5, a tendance à limiter la hauteur du point d'inversion (8) ainsi que la flexion sur l'appui. Cette flexion moindre sur l'appui semble être le reflet d'une trajectoire du centre de gravité plus horizontale, l'athlète aillant toujours un pied proche de la verticale abaissée de la hanche(6). Cette situation avec plots semble résoudre le problème de déviation verticale de la gamme précédente.

Cet exercice est le seul qui comporte des caractéristiques de spécificité dynamique par rapport à la course de vitesse (14) (15). Cet exercice semble par son respect à la fois des caractéristiques géométriques et dynamiques être la situation la plus orientée vers la vitesse de course à vitesse maximale.

Les entraîneurs utilisent fréquemment des exercices de vitesse où la forme de la foulée est délimitée par des contraintes plus ou moins hautes ou espacées. Il serait intéressant de pousser des investigations afin d'observer l'influence de ces contraintes sur les paramètres géométriques et dynamiques de la foulée du sprinteur. Un tel travail permettrait pour un exercice considéré, de mettre en exergue les paramètres se rapprochant de l'activité de vitesse, et favoriserait le choix des entraîneurs dans l'orientation de leurs situations de remédiation.



## **Bibliographie :**

[1] Marey EJ. Le mouvement. Paris: Masson; 1894.

[2] Hubiche et Pradet. Comprendre l'athlétisme sa pratique et son enseignement. INSEP Collection entraînement.

[3] F. Natta et C. Réga 2001.1ère partie. Rapport de recherche : ANALYSE CINETIQUE ET CINEMATIQUE : DU DEPART DE SPRINT EN STARTING-BLOCKS et DE LA FOULEE DE COURSE A VITESSE MAXIMALE.

[4] Cöh, M., Milanonic, D. & Dolenc, (1999) A. Biomechanische Merkmale des Sprintshitts von Sprinterinnender Spitzenklasse. Leistungssport 5.

[5] Mero, A., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1982) Zum Einfluss von Kontaktphasenmerkmalen auf die Schriifrequenz beim Maximalsprint. Leistungssport, 12(4), 308-328.

[6] Mero, A., & Komi, P. V. (1986) Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. European journal of applied physiology and occupational physiology, 55(5), 553-561.

[7] F. Natta et C. Réga. 2001 ANALYSE CINETIQUE ET CINEMATIQUE : DU DEPART DE SPRINT EN STARTING-BLOCKS DE LA FOULEE DE COURSE A VITESSE MAXIMALE Rapport de recherche- 2ème et 3ème parties -

[8] Mann, R., & Herman, J. (1985) Kinematic analysis of Olympic sprint performance: men's 200 meters. International Journal of Sport Biomechanics, 1, 151-162.

[9] Wood, G. A. (1987) Biomechanical limitations to sprint running. Medicine and Sport Science, (25), 58-71.

- [11] T. A. McMahon, G. Valiant and E. C. Frederick Groucho running  
Journal of Applied Physiology, Vol. 62, Issue 6 2326-2337, Copyright © 1987 by American  
Physiological Society
- [12] Piasenta, J. (Ed.). (1988) L'éducation athlétique. Paris: INSEP, Collection Entraînement.
- [13] Piasenta, J. (1994) Apprendre à observer. Plaidoyer pour une formation à l'observation du  
comportement du sportif. Paris: INSEP-Publications.
- [14] T Hoshikawa, H Matsui, M Miyashita Analysis of running pattern in relation to speed  
- Medicine and Sport: Biomechanics, 1973
- [15] BLANQUI J.-P., VAUSSENAT R. - Biodynamique de la course: rôle du membre  
oscillant. Revue STAPS. 6, 1982.
- [16] Gager, B., Durey, A., Hanon, C., & Thépaut-Mathieu, C. (1995) Evolution de la foulée  
au cours du 800 mètres. (Mémoire INSEP ed.). Paris.
- [17] J.P. Gérard 2003. MODELISATION DE LA COURSE DE VITESSE DE L'ENFANT :  
CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DE L'HABILETE DE LECTURE DU  
MOUVEMENT DE L'ENSEIGNANT.
- [18] F. Natta, L. Decker, Boisnoir. Caractérisation des comportements posturo cinétiques en  
sprint.
- [19] Hopper (B.J.) La rotation facteur vital de la technique DOC.INS. Paris 1967.
- [20] G. Gacon. 1987 La course d'endurance CRDP Dijon.
- [21] Françoise Natta<sup>1</sup>, Chantal Réga. 2003 ; Deux indices pouvant caractériser l'expertise en  
sprint. Congrès international de l'association des chercheurs en activité physique et sportive  
Toulouse 2003.

**Annexe :**

### Résultats de la gamme n°1 :

		Samuel G1 261007	Samuel G1 131107	Samuel G1 201207	Samuel G1 19/02/08	Moyenne Samuel G1	Adrien G1 261007	Adrien G1 131107	Adrien G1 201207	Adrien G1 19/02/08	Moyenne Adrien G1	Moyenne G1	E.T.	% Moy./e.t.
1	Secteur balayé sur l'appui (degrés)	55,99	50,01	58,76	<b>61,98</b>	56,68	51,72	57,74	51,78	56,40	<b>54,41</b>	<b>55,55</b>	<b>3,84</b>	<b>6,92</b>
2	Angle de pose (degrés)	59,93	59,17	59,23	<b>58,02</b>	59,09	64,94	58,28	58,84	60,49	<b>60,64</b>	<b>59,86</b>	<b>2,08</b>	<b>3,47</b>
3	Angle au quitter (degrés)	64,08	70,82	62,01	<b>60,00</b>	64,23	63,34	63,98	69,38	63,11	<b>64,95</b>	<b>64,59</b>	<b>3,43</b>	<b>5,31</b>
4	Elévation de la Hanche sur l'appui (m)	0,07	0,08	0,07	<b>0,07</b>	0,07	0,05	0,08	0,06	0,06	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,008</b>	<b>12,58</b>
5	Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,78	0,81	0,80	<b>0,92</b>	0,83	0,88	0,85	0,86	0,88	<b>0,87</b>	<b>0,85</b>	<b>0,05</b>	<b>5,36</b>
6	Distance pied /Hanche a la pose (val X en m)	0,50	0,51	0,51	<b>0,53</b>	0,51	0,42	0,53	0,52	0,49	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,03</b>	<b>6,35</b>
7	Distance parcourue sur appui (m)	0,94	0,84	0,98	<b>1,03</b>	0,95	0,87	0,96	0,87	0,94	<b>0,91</b>	<b>0,93</b>	<b>0,06</b>	<b>6,49</b>
8	Hauteur du point d'inversion (m)	0,27	0,38	0,43	<b>0,63</b>	0,43	0,55	0,64	0,58	0,63	<b>0,60</b>	<b>0,51</b>	<b>0,13</b>	<b>25,73</b>
9	Longueur du ramener du pied sous la Hanche (m)	0,39	0,48	0,51	<b>0,74</b>	0,53	0,71	0,72	0,67	0,74	<b>0,71</b>	<b>0,62</b>	<b>0,13</b>	<b>21,41</b>
10	Angle du ramener du pied sous la Hanche (degrés)	44,86	51,54	56,11	<b>58,38</b>	52,72	50,45	63,53	59,55	58,13	<b>57,91</b>	<b>55,32</b>	<b>5,66</b>	<b>10,24</b>
11	Vitesse horizontale de la hanche/sol à la pose (m/s)	1,63	1,86	1,79	<b>1,08</b>	1,59	1,38	1,93	2,07	2,05	<b>1,86</b>	<b>1,72</b>	<b>0,33</b>	<b>18,97</b>
12	Vitesse horizontale du pied/Hanche à la pose (m/s)	-1,61	-1,86	-2,87	<b>-2,06</b>	-2,10	-2,07	-1,52	-3,02	-2,29	<b>-2,23</b>	<b>-2,16</b>	<b>0,51</b>	<b>-23,68</b>
13	Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	1,74	1,98	0,45	<b>1,01</b>	1,30	0,83	1,28	1,71	1,76	<b>1,40</b>	<b>1,35</b>	<b>0,51</b>	<b>37,63</b>
14	Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-1,72	-1,33	-2,27	<b>-0,89</b>	-1,55	-2,26	-1,16	-0,62	-1,03	<b>-1,27</b>	<b>-1,41</b>	<b>0,58</b>	<b>-41,08</b>
15	Accélération moyenne (m.s-2)	21,60	23,00	16,90	<b>11,80</b>	18,33	19,30	15,20	14,60	17,40	<b>16,63</b>	<b>17,48</b>	<b>3,49</b>	<b>19,98</b>
16	% AV	61,40	62,20	59,30	<b>64,70</b>	61,90	65,90	63,50	65,80	65,50	<b>65,18</b>	<b>63,54</b>	<b>2,31</b>	<b>3,63</b>
17	%AR	38,60	37,80	40,70	<b>35,30</b>	38,10	34,10	36,50	34,20	34,50	<b>34,83</b>	<b>36,46</b>	<b>2,31</b>	<b>6,33</b>
18	Temps de contact (s)	0,896	0,900	0,852	<b>1,116</b>	0,941	0,896	0,872	0,820	0,812	<b>0,850</b>	<b>0,896</b>	<b>0,09</b>	<b>10,11</b>

Tableau 39: Résultats de la gamme n°1

## Résultats de la gamme n°2 :

		Samuel G2 261007	Samuel G2131107	Samuel G2 201207	Samuel G2 19/02/08	Moyenne Samuel G2	Adrien G2 261007	Adrien G2131107	Adrien G2 201207	Adrien G2 19/02/08	Moyenne Adrien G2	Moyenne G2	E.T.	% Moy/e.t.
1	Secteur balayé sur l'appui (degrés)	55,53	52,47	65,33	44,768	<b>54,53</b>	55,34	52,68	52,19	55,42	<b>53,91</b>	<b>54,22</b>	<b>5,33</b>	<b>9,82</b>
2	Angle de pose (degrés)	58,77	61,94	50,75	56,212	<b>56,92</b>	64,06	62,36	61,61	59,63	<b>61,91</b>	<b>59,42</b>	<b>4,07</b>	<b>6,85</b>
3	Angle au quitter (degrés)	65,70	65,59	63,91	79,020	<b>68,56</b>	60,60	64,96	66,21	64,95	<b>64,18</b>	<b>66,37</b>	<b>5,11</b>	<b>7,69</b>
4	Élévation de la Hanche sur l'appui (m)	0,065	0,041	0,012	0,055	<b>0,043</b>	0,051		0,042	0,025	<b>0,039</b>	<b>0,042</b>	<b>0,017</b>	<b>40,376</b>
5	Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,81	0,92	0,88	0,917	<b>0,88</b>	0,96	0,98	0,93	1,01	<b>0,97</b>	<b>0,93</b>	<b>0,06</b>	<b>6,43</b>
6	Distance pied /Hanche a la pose (val X en m)	0,52	0,47	0,63	0,556	<b>0,54</b>	0,44	0,46	0,48	0,51	<b>0,47</b>	<b>0,51</b>	<b>0,06</b>	<b>11,77</b>
7	Distance parcourue sur appui (m)	0,93	0,88	1,07	0,747	<b>0,91</b>	0,93	0,89	0,88	0,93	<b>0,91</b>	<b>0,91</b>	<b>0,08</b>	<b>9,25</b>
8	Hauteur du point d'inversion (m)	0,34	0,55	0,41	0,592	<b>0,47</b>	0,83	0,74	0,71	0,71	<b>0,75</b>	<b>0,61</b>	<b>0,17</b>	<b>27,28</b>
9	Longueur du ramener du pied sous la Hanche (m)	0,44	0,71	0,48	0,693	<b>0,58</b>	0,98	0,90	0,84	0,87	<b>0,90</b>	<b>0,74</b>	<b>0,19</b>	<b>25,86</b>
10	Angle du ramener du pied sous la Hanche (degrés)	49,09	50,60	59,09	58,654	<b>54,36</b>	57,69	55,35	57,23	54,89	<b>56,29</b>	<b>55,33</b>	<b>3,48</b>	<b>6,28</b>
11	Vitesse horizontale de la hanche/sol à la pose (m/s)	2,28	2,28	1,84	2,815	<b>2,30</b>	1,98	1,92	2,08	2,15	<b>2,03</b>	<b>2,17</b>	<b>0,29</b>	<b>13,42</b>
12	Vitesse horizontale du pied/Hanche à la pose (m/s)	-2,77	-3,93	-7,31	-4,851	<b>-4,72</b>	-2,52	-1,78	-3,85	-4,10	<b>-3,06</b>	<b>-3,89</b>	<b>1,61</b>	<b>-41,48</b>
13	Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	1,79	2,87	1,96	2,670	<b>2,32</b>	2,15	3,12	3,23	3,08	<b>2,90</b>	<b>2,61</b>	<b>0,54</b>	<b>20,62</b>
14	Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-5,27	-3,58	-7,53	-4,530	<b>-5,23</b>	-5,31	-5,39	-2,86	-5,47	<b>-4,76</b>	<b>-4,99</b>	<b>1,31</b>	<b>-26,32</b>
15	Accélération moyenne (m.s-2)	44,2	40,3	59,3	45,0	<b>47,20</b>	46,7	53,2	38,0	53,4	<b>47,83</b>	<b>47,51</b>	<b>6,77</b>	<b>14,25</b>
16	% AV	59,1	66,2	60,3	65,2	<b>62,70</b>	65,8	69,7	69,1	70	<b>68,65</b>	<b>65,68</b>	<b>3,99</b>	<b>6,07</b>
17	%AR	40,9	33,8	39,7	34,8	<b>37,30</b>	34,2	30,3	30,9	30	<b>31,35</b>	<b>34,33</b>	<b>3,99</b>	<b>11,61</b>
18	Temps de contact (s)	0,68	0,76	0,588	0,632	<b>0,67</b>	0,74	0,736	0,664	0,608	<b>0,69</b>	<b>0,68</b>	<b>0,06</b>	<b>8,96</b>

Tableau 40: Résultats gamme n°2

## Résultats de la gamme n°3 :

	Samuel G3 261007	Samuel G3 131107	Samuel G3 201207	Samuel G3 19/02/08	Moyenne Samuel G3	Adrien G3 261007	Adrien G3 131107	Adrien G3 201207	Adrien G3 19/02/08	Moyenne Adrien G3	Moyenne G3	E.T.	% Moy/e.t.	
1	Secteur balayé sur l'appui (degrés)	68,52	69,10	64,74	80,00	<b>70,59</b>	80,94	61,97	58,40	59,42	<b>65,18</b>	<b>67,89</b>	<b>8,15</b>	<b>12,01</b>
2	Angle de pose (degrés)	58,57	54,53	59,03	56,10	<b>57,06</b>	66,12	64,72	67,19	68,32	<b>66,58</b>	<b>61,82</b>	<b>5,27</b>	<b>8,53</b>
3	Angle au quitter (degrés)	52,91	56,37	56,23	43,91	<b>52,35</b>	32,95	53,32	54,41	52,26	<b>48,23</b>	<b>50,29</b>	<b>7,54</b>	<b>14,99</b>
4	Élévation de la Hanche sur l'appui (m)	0,06	0,11	0,07	0,07	<b>0,08</b>	0,02	0,02	0,01	0,02	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>	<b>73,79</b>
5	Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,95	0,90	0,95	0,97	<b>0,94</b>	0,87	0,85	0,84	0,81	<b>0,84</b>	<b>0,89</b>	<b>0,06</b>	<b>6,66</b>
6	Distance pied /Hanche a la pose (val X en m)	0,52	0,58	0,52	0,56	<b>0,54</b>	0,40	0,43	0,39	0,37	<b>0,40</b>	<b>0,47</b>	<b>0,08</b>	<b>17,19</b>
7	Distance parcourue sur appui (m)	1,12	1,13	1,07	1,28	<b>1,15</b>	1,24	1,02	0,97	0,98	<b>1,05</b>	<b>1,10</b>	<b>0,11</b>	<b>9,81</b>
8	Hauteur du point d'inversion (m)	0,50	0,50	0,55	0,62	<b>0,54</b>	0,63	0,55	0,53	0,52	<b>0,56</b>	<b>0,55</b>	<b>0,05</b>	<b>8,64</b>
9	Longueur du ramener du pied sous la Hanche (m)	0,65	0,59	0,71	0,74	<b>0,67</b>	0,78	0,69	0,69	0,68	<b>0,71</b>	<b>0,69</b>	<b>0,05</b>	<b>7,69</b>
10	Angle du ramener du pied sous la Hanche (degrés)	49,48	57,65	51,63	56,11	<b>53,72</b>	53,89	52,55	49,61	49,77	<b>51,45</b>	<b>52,59</b>	<b>2,92</b>	<b>5,56</b>
11	Vitesse horizontale de la hanche/sol à la pose (m/s)	2,80	2,19	2,90	2,84	<b>2,68</b>	2,05	1,77	1,84	1,42	<b>1,77</b>	<b>2,23</b>	<b>0,54</b>	<b>24,45</b>
12	Vitesse horizontale du pied/Hanche à la pose (m/s)	-3,59	-3,15	-3,87	-4,03	<b>-3,66</b>	-4,82	-2,98	-4,33	-3,11	<b>-3,81</b>	<b>-3,73</b>	<b>0,61</b>	<b>-16,29</b>
13	Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	2,61	0,96	2,63	2,73	<b>2,23</b>	3,32	2,26	1,41	2,71	<b>2,43</b>	<b>2,33</b>	<b>0,72</b>	<b>31,07</b>
14	Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-3,97	-1,26	-4,45	-3,22	<b>-3,23</b>	-4,31	-4,42	-4,09	-3,65	<b>-4,12</b>	<b>-3,67</b>	<b>1,00</b>	<b>-27,30</b>
15	Accélération moyenne (m.s-2)	41,20	40,30	44,20	37,20	<b>40,73</b>	47,60	41,80	34,40	39,70	<b>40,88</b>	<b>40,80</b>	<b>3,78</b>	<b>9,27</b>
16	% AV	61,10	61,90	63,20	57,30	<b>60,88</b>	50,30	58,30	59,00	56,90	<b>56,13</b>	<b>58,50</b>	<b>3,82</b>	<b>6,54</b>
17	%AR	38,90	38,10	36,80	42,70	<b>39,13</b>	49,70	41,70	41,00	43,10	<b>43,88</b>	<b>41,50</b>	<b>3,82</b>	<b>9,21</b>
18	Temps de contact (s)	0,584	0,808	0,672	0,792	<b>0,714</b>	0,696	0,648	0,672	0,692	<b>0,677</b>	<b>0,696</b>	<b>0,07</b>	<b>9,92</b>

Tableau 41: résultats gamme n°3

## Résultats de la gamme n°4 :

		Samuel G4 261007	Samuel G4 131107	Samuel G4 201207	Samuel G4 19/02/08	<b>Moyenne Samuel G4</b>	Adrien G4 261007	Adrien G4 131107	Adrien G4 201207	Adrien G4 19/02/08	<b>Moyenne Adrien G4</b>	<b>Moyenne G4</b>	E.T.	% Moy/e.t.
1	Secteur balayé sur l'appui (degrés)	49,14	32,50	43,606	54,95	<b>45,05</b>	63,03	26,89	27,69	52,68	<b>42,57</b>	<b>43,81</b>	<b>12,63</b>	<b>28,83</b>
2	Angle de pose (degrés)	60,92	68,50	66,132	56,33	<b>62,97</b>	63,98	63,11	62,31	64,62	<b>63,50</b>	<b>63,24</b>	<b>3,40</b>	<b>5,38</b>
3	Angle au quitter (degrés)	69,94	79,00	70,262	68,71	<b>71,98</b>	52,99	90,00	90,00	62,71	<b>73,92</b>	<b>72,95</b>	<b>12,02</b>	<b>16,48</b>
4	Élévation de la Hanche sur l'appui (m)	0,048	0,020	0,014	0,029	<b>0,028</b>	0,042	0,034	0,075	0,031	<b>0,046</b>	<b>0,037</b>	<b>0,018</b>	<b>49,089</b>
5	Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,90	0,90	0,958	1,018	<b>0,94</b>	0,91	0,86	0,89	0,89	<b>0,89</b>	<b>0,92</b>	<b>0,05</b>	<b>5,15</b>
6	Distance pied /Hanche a la pose (val X en m)	0,49	0,37	0,405	0,554	<b>0,45</b>	0,44	0,45	0,46	0,43	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,05</b>	<b>11,66</b>
7	Distance parcourue sur appui (m)	0,83	0,56	0,742	0,917	<b>0,76</b>	1,04	0,45	0,46	0,89	<b>0,71</b>	<b>0,74</b>	<b>0,21</b>	<b>28,15</b>
8	Hauteur du point d'inversion (m)	0,47	0,59	0,518	0,579	<b>0,54</b>	0,71	0,58	0,54	0,57	<b>0,60</b>	<b>0,57</b>	<b>0,07</b>	<b>11,51</b>
9	Longueur du ramener du pied sous la Hanche (m)	0,62	0,80	0,758	0,742	<b>0,73</b>	0,85	0,71	0,69	0,74	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>	<b>0,06</b>	<b>8,65</b>
10	Angle du ramener du pied sous la Hanche (degrés)	48,59	47,78	43,089	51,34	<b>47,70</b>	56,34	54,89	52,01	51,33	<b>53,64</b>	<b>50,67</b>	<b>4,04</b>	<b>7,97</b>
11	Vitesse horizontale de la hanche/sol à la pose (m/s)	2,31	1,50	2,355	2,19	<b>2,09</b>	2,20	1,63	2,16	1,63	<b>1,90</b>	<b>2,00</b>	<b>0,33</b>	<b>16,40</b>
12	Vitesse horizontale du pied/Hanche à la pose (m/s)	-2,93	-1,61	-4,098	-4,29	<b>-3,23</b>	-3,69	-2,40	-4,10	-2,73	<b>-3,23</b>	<b>-3,23</b>	<b>0,90</b>	<b>-27,86</b>
13	Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	1,6	3,63	4,000	3,94	<b>3,65</b>	3,01	1,54	1,28	2,58	<b>2,10</b>	<b>2,70</b>	<b>1,07</b>	<b>39,52</b>
14	Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-3,38	-2,99	-2,620	-0,47	<b>-1,88</b>	-1,44	-3,22	-1,16	-4,19	<b>-2,50</b>	<b>-2,43</b>	<b>1,19</b>	<b>-49,08</b>
15	Accélération moyenne (m.s-2)	31,1	41,4	41,3	27,4	<b>34,48</b>	27,8	29,8	15,2	42,4	<b>28,80</b>	<b>32,05</b>	<b>8,80</b>	<b>27,45</b>
16	% AV	72,4	59,3	56,5	59,8	<b>62,00</b>	52	64,8	63,5	64,8	<b>61,28</b>	<b>61,64</b>	<b>5,78</b>	<b>9,38</b>
17	%AR	27,6	40,7	43,5	40,2	<b>38,00</b>	48	35,2	36,5	35,2	<b>38,73</b>	<b>38,36</b>	<b>5,78</b>	<b>15,07</b>
18	Temps de contact (s)	0,452	0,468	0,436	0,412	<b>0,44</b>	0,632	0,652	0,872	0,608	<b>0,69</b>	<b>0,57</b>	<b>0,15</b>	<b>26,78</b>

Tableau 42: Résultats gamme n°4

### Résultats de la gamme n°5 :

		Samuel G5 261007	Samuel G5 131107	Samuel G5 201207	Samuel G5 19/02/08	Moyenne Samuel G5	Adrien G5 261007	Adrien G5 131107	Adrien G5 201207	Adrien G5 19/02/08	Moyenne Adrien G5	Moyenne G5	E.T.	% Moy/e.t.
1	Secteur balayé sur l'appui (degrés)	52,46	39,91	32,05	55,56	<b>45,00</b>	47,36	31,03	47,09	50,66	<b>44,04</b>	<b>44,52</b>	<b>8,63</b>	<b>19,39</b>
2	Angle de pose (degrés)	67,81	66,72	72,08	64,68	<b>67,82</b>	68,98	73,02	68,49	66,06	<b>69,14</b>	<b>68,48</b>	<b>2,69</b>	<b>3,93</b>
3	Angle au quitter (degrés)	59,73	73,37	75,87	59,76	<b>67,18</b>	63,66	75,96	64,42	63,28	<b>66,83</b>	<b>67,01</b>	<b>6,48</b>	<b>9,68</b>
4	Elévation de la Hanche sur l'appui (m)	-0,07	-0,06	-0,06	-0,06	<b>-0,06</b>	-0,06	-0,06	-0,06	-0,05	<b>-0,06</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>-10,02</b>
5	Distance max pied /Hanche avant (val X en m)	0,78	0,77	0,66	0,75	<b>0,74</b>	0,87	0,83	0,92	0,91	<b>0,88</b>	<b>0,81</b>	<b>0,09</b>	<b>10,57</b>
6	Distance pied /Hanche a la pose (val X en m)	0,38	0,40	0,31	0,43	<b>0,38</b>	0,36	0,29	0,37	0,41	<b>0,36</b>	<b>0,37</b>	<b>0,04</b>	<b>11,98</b>
7	Distance parcourue sur appui (m)	0,88	0,68	0,55	0,93	<b>0,76</b>	0,80	0,54	0,80	0,86	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,14</b>	<b>18,53</b>
8	Hauteur du point d'inversion (m)	0,26	0,23	0,21	0,26	<b>0,24</b>	0,47	0,48	0,54	0,59	<b>0,52</b>	<b>0,38</b>	<b>0,15</b>	<b>39,88</b>
9	Longueur du ramener du pied sous la Hanche (m)	0,48	0,45	0,41	0,42	<b>0,44</b>	0,69	0,72	0,78	0,78	<b>0,74</b>	<b>0,59</b>	<b>0,16</b>	<b>27,71</b>
10	Angle du ramener du pied sous la Hanche (degrés)	32,57	31,73	31,16	38,89	<b>33,59</b>	42,41	41,94	44,41	49,47	<b>44,56</b>	<b>39,07</b>	<b>6,54</b>	<b>16,73</b>
11	Vitesse horizontale de la hanche/sol à la pose (m/s)	4,81	3,80	3,41	5,09	<b>4,28</b>	5,48	4,27	5,22	7,11	<b>5,52</b>	<b>4,90</b>	<b>1,09</b>	<b>22,30</b>
12	Vitesse horizontale du pied/Hanche à la pose (m/s)	-5,21	-3,65	-3,52	-4,85	<b>-4,31</b>	-4,99	-4,10	-4,88	-6,74	<b>-5,18</b>	<b>-4,74</b>	<b>0,97</b>	<b>-20,52</b>
13	Vitesse à -0,08s du point d'inversion (m/s)	5,13	3,10	3,11	4,48	<b>3,96</b>	5,98	4,20	4,74	6,80	<b>5,43</b>	<b>4,69</b>	<b>1,23</b>	<b>26,21</b>
14	Vitesse à +0,08s du point d'inversion (m/s)	-6,38	-5,43	-5,36	-5,14	<b>-5,58</b>	-5,76	-5,25	-4,96	-6,74	<b>-5,68</b>	<b>-5,63</b>	<b>0,59</b>	<b>-10,44</b>
15	Accélérations moyenne (m.s-2)	71,90	53,30	52,90	60,10	<b>59,55</b>	73,40	59,10	60,60	84,60	<b>69,43</b>	<b>64,49</b>	<b>10,51</b>	<b>16,29</b>
16	% AV	54,00	59,10	61,30	49,30	<b>55,93</b>	60,40	67,00	63,90	55,30	<b>61,65</b>	<b>58,79</b>	<b>5,42</b>	<b>9,22</b>
17	%AR	46,00	40,90	38,70	50,70	<b>44,08</b>	39,60	33,00	36,10	44,70	<b>38,35</b>	<b>41,21</b>	<b>5,42</b>	<b>13,15</b>
18	Temps de contact (s)	0,172	0,180	0,164	0,168	<b>0,171</b>	0,140	0,144	0,144	0,116	<b>0,136</b>	<b>0,154</b>	<b>0,02</b>	<b>13,44</b>

Tableau 43: Résultats gamme n°5

**Comparaison des différents facteurs :**

secteur balayé sur l'appui

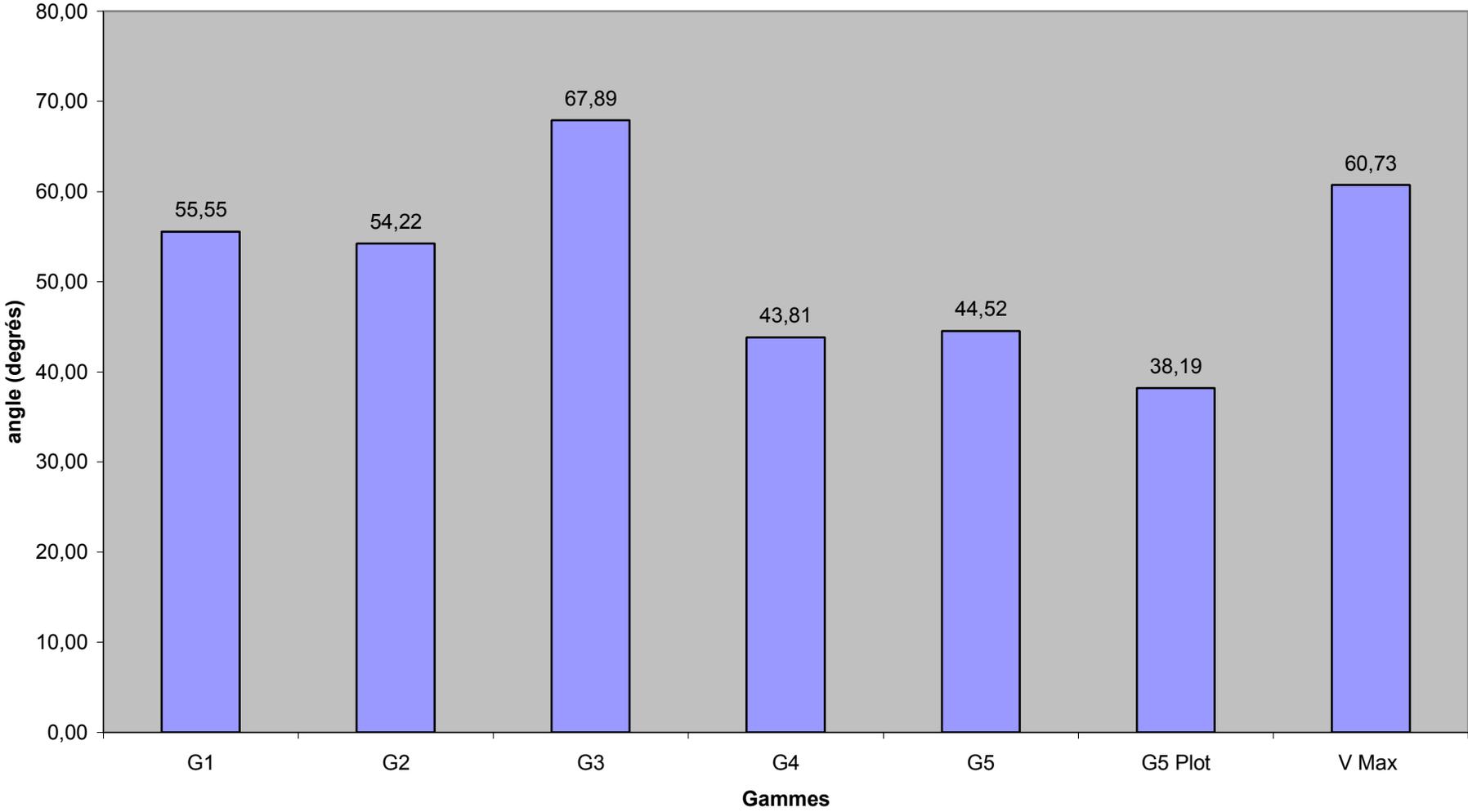


Figure 49: Résultats moyen du facteur n°1 par gamme

### Angle de pose

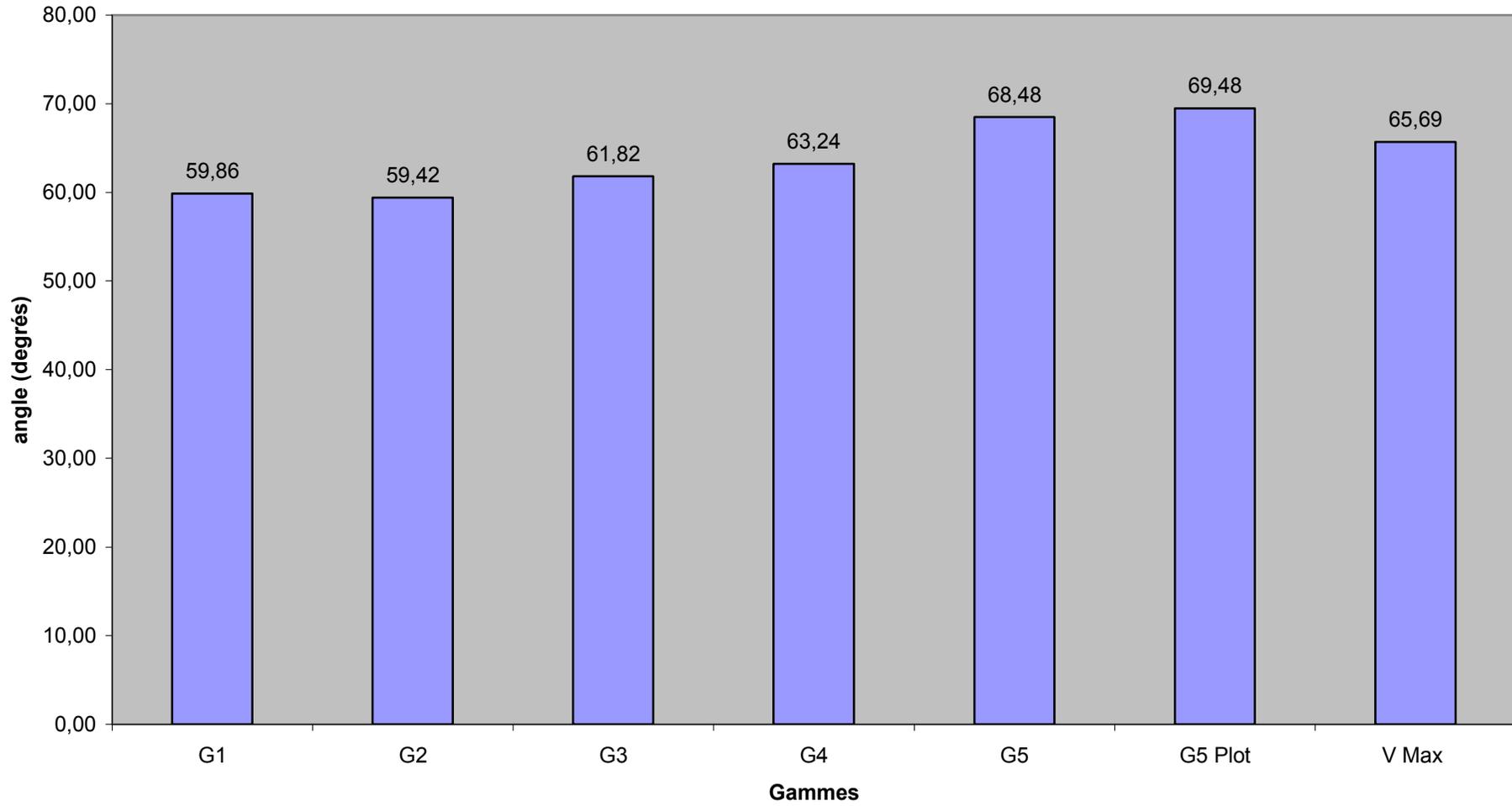


Figure 50: Résultats moyen du facteur n°2 par gamme

### Angle au quitter

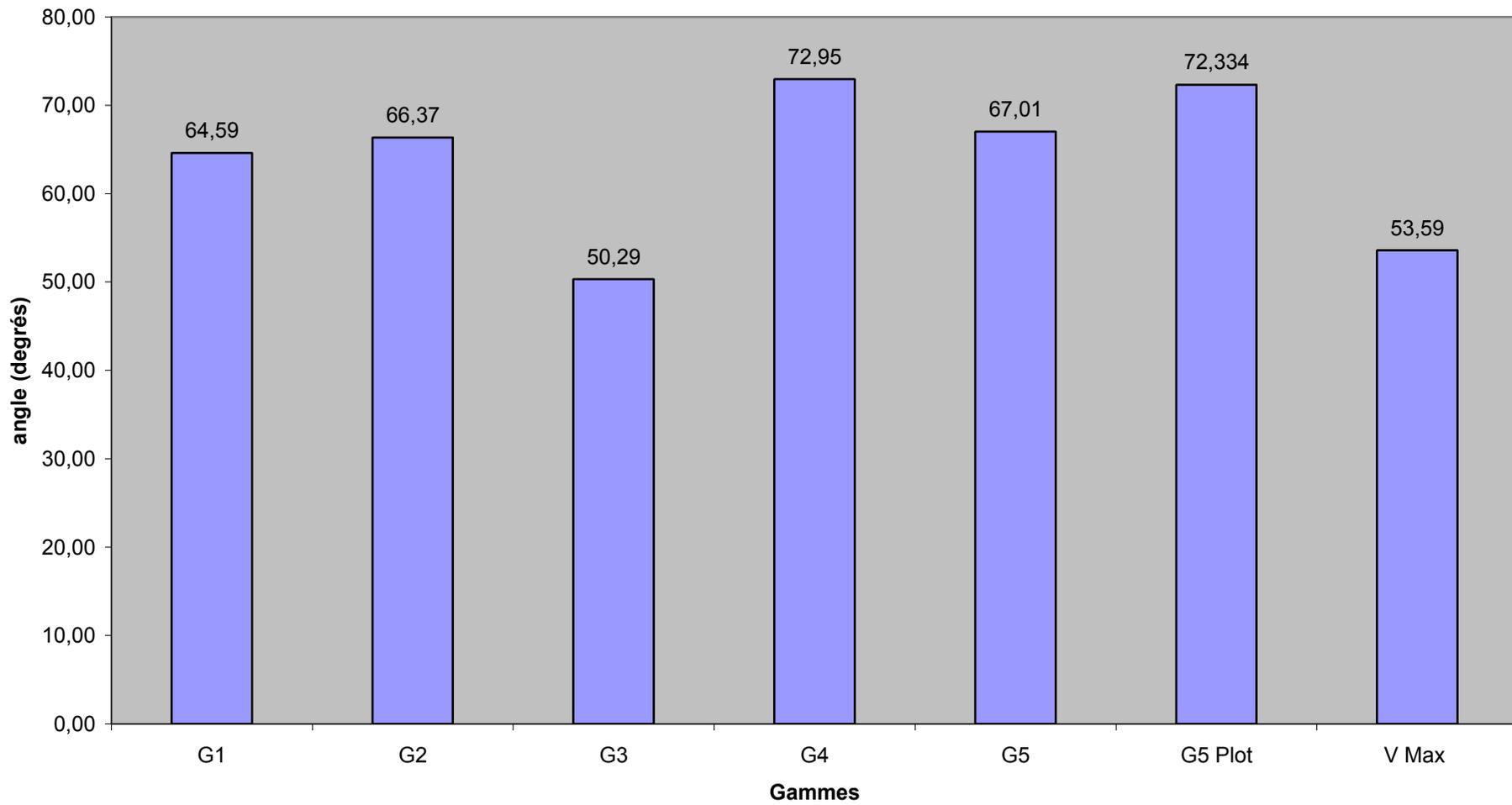


Figure 51: Résultats moyen du facteur n°3 par gamme

### Élévation/abaissement de la hanche sur l'appui

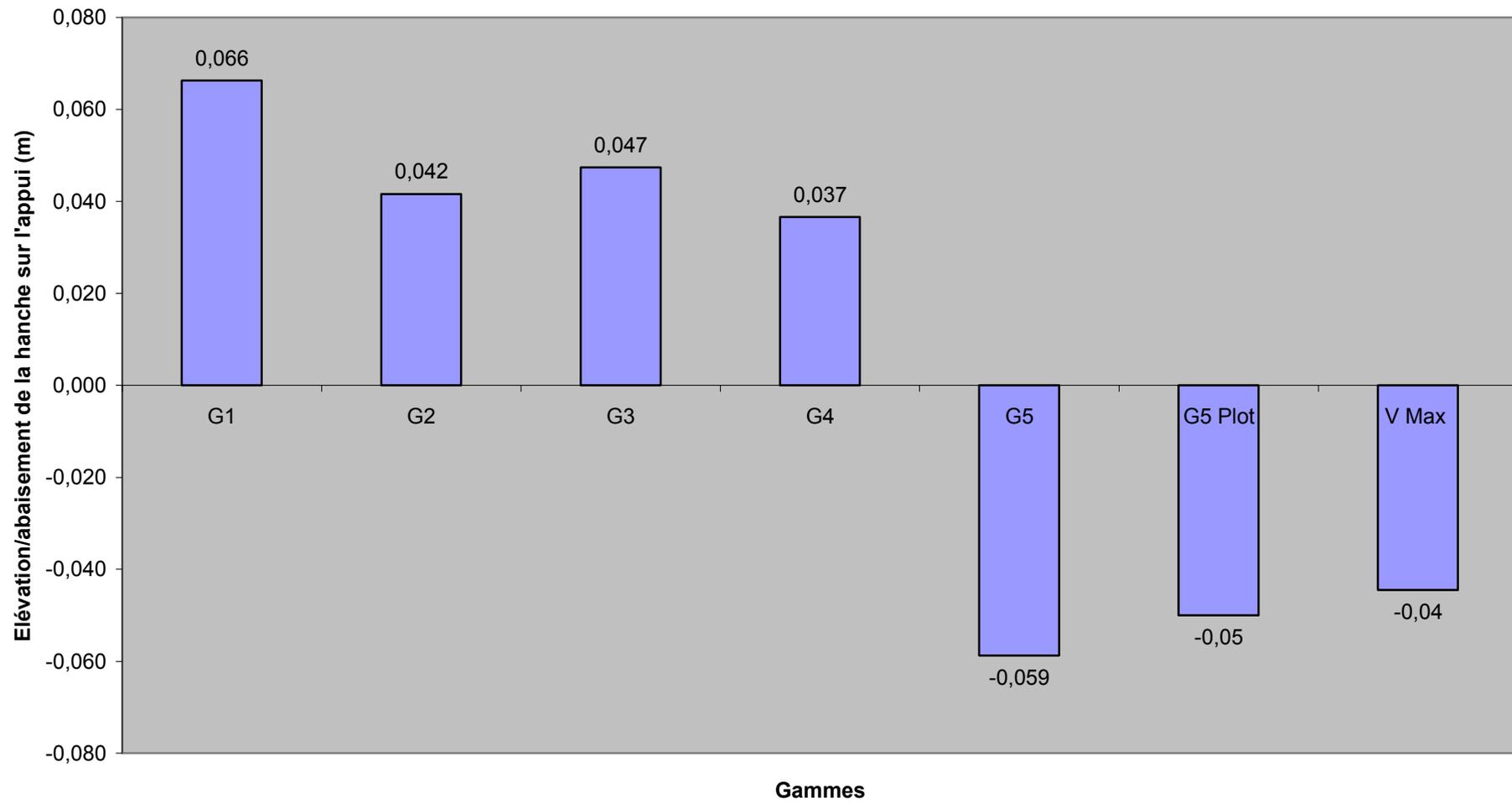


Figure 52: Résultats moyen du facteur n°4 par gamme

### Distance max pied /Hanche avant (val X)

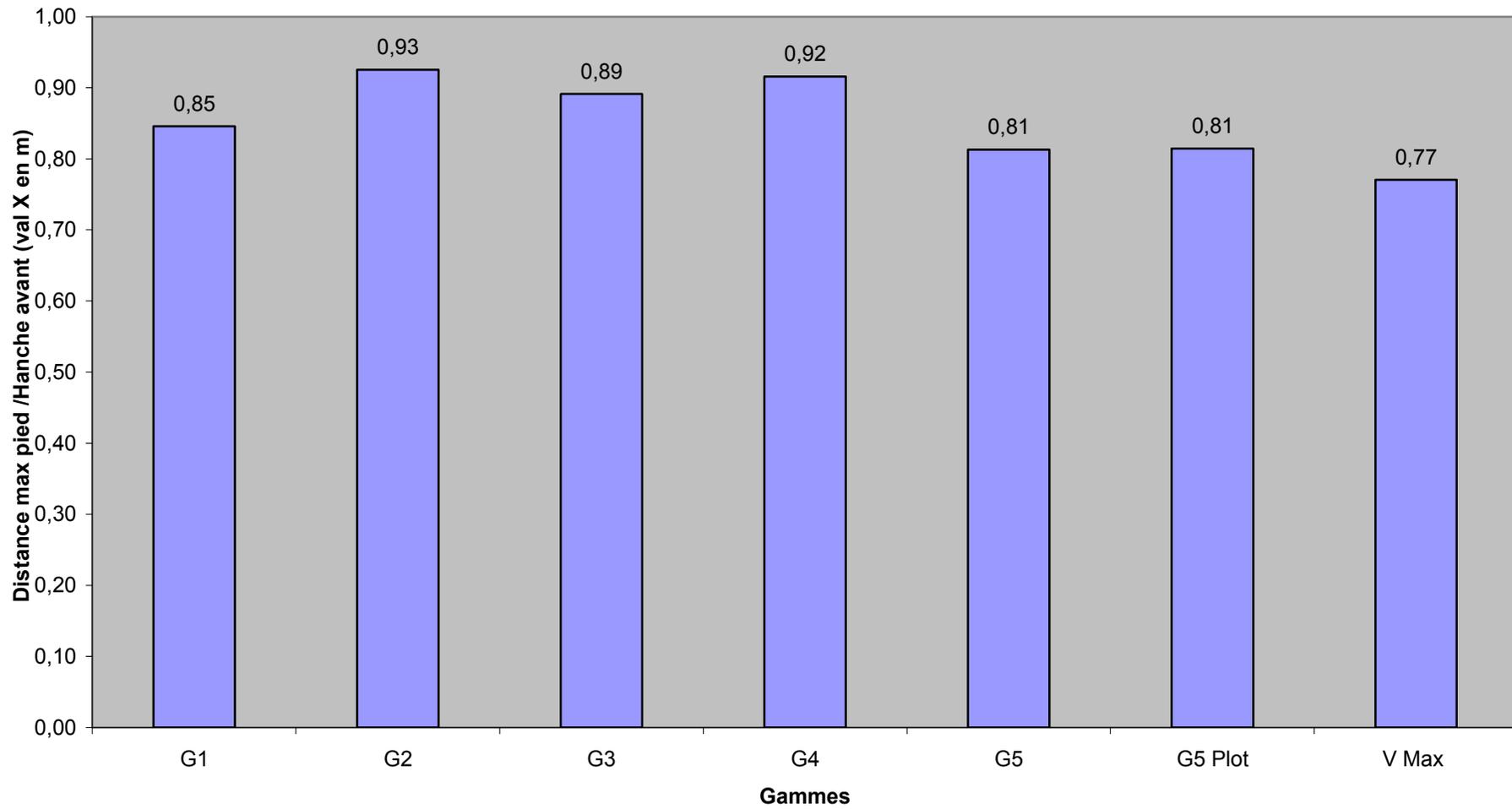
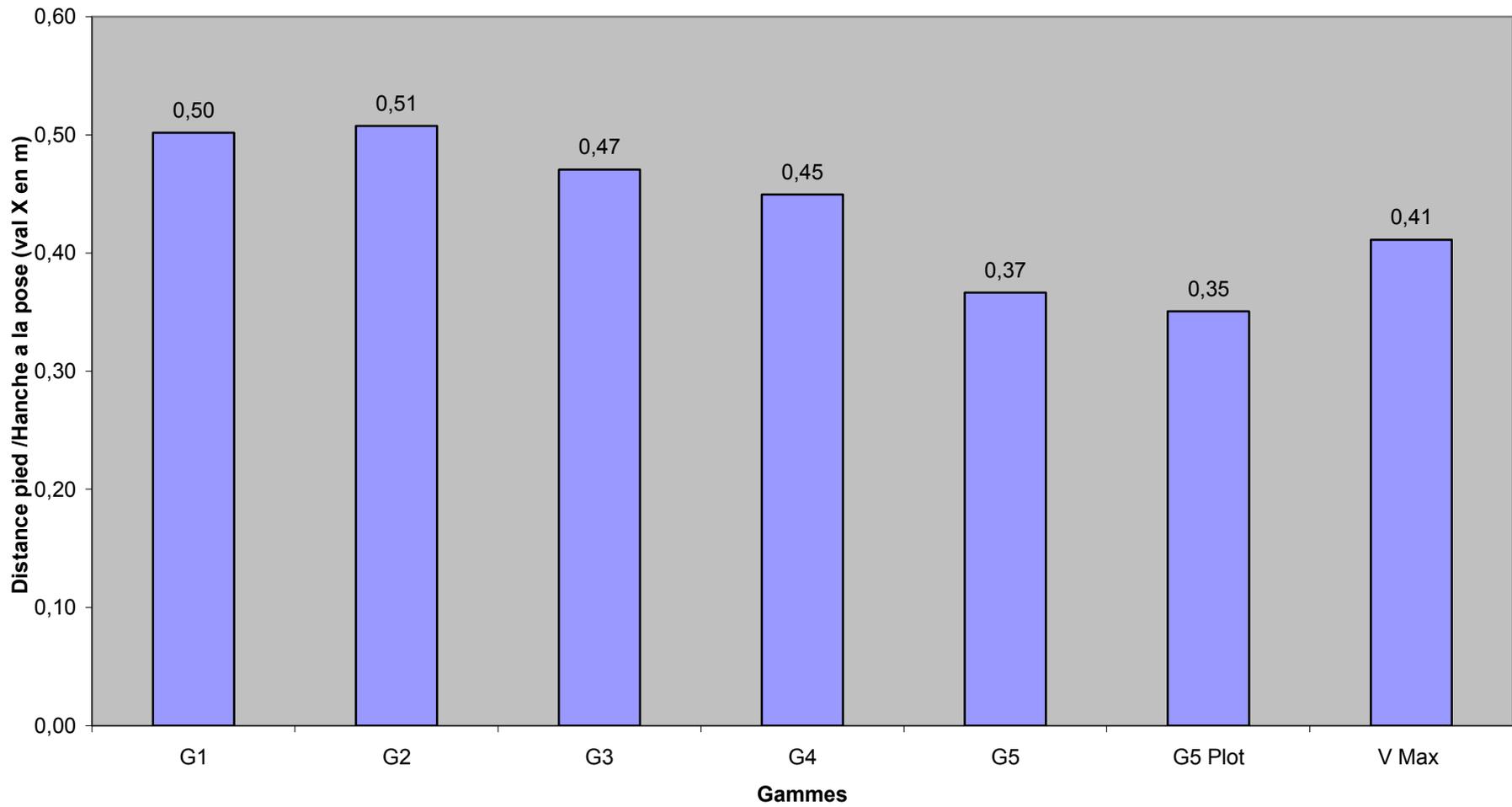


Figure 53: Résultats moyen du facteur n°5 par gamme

**Distance pied /Hanche a la pose (val X)**



**Figure 54:Résultats moyen du facteur n°6 par gamme**

### Distance parcourue sur appui

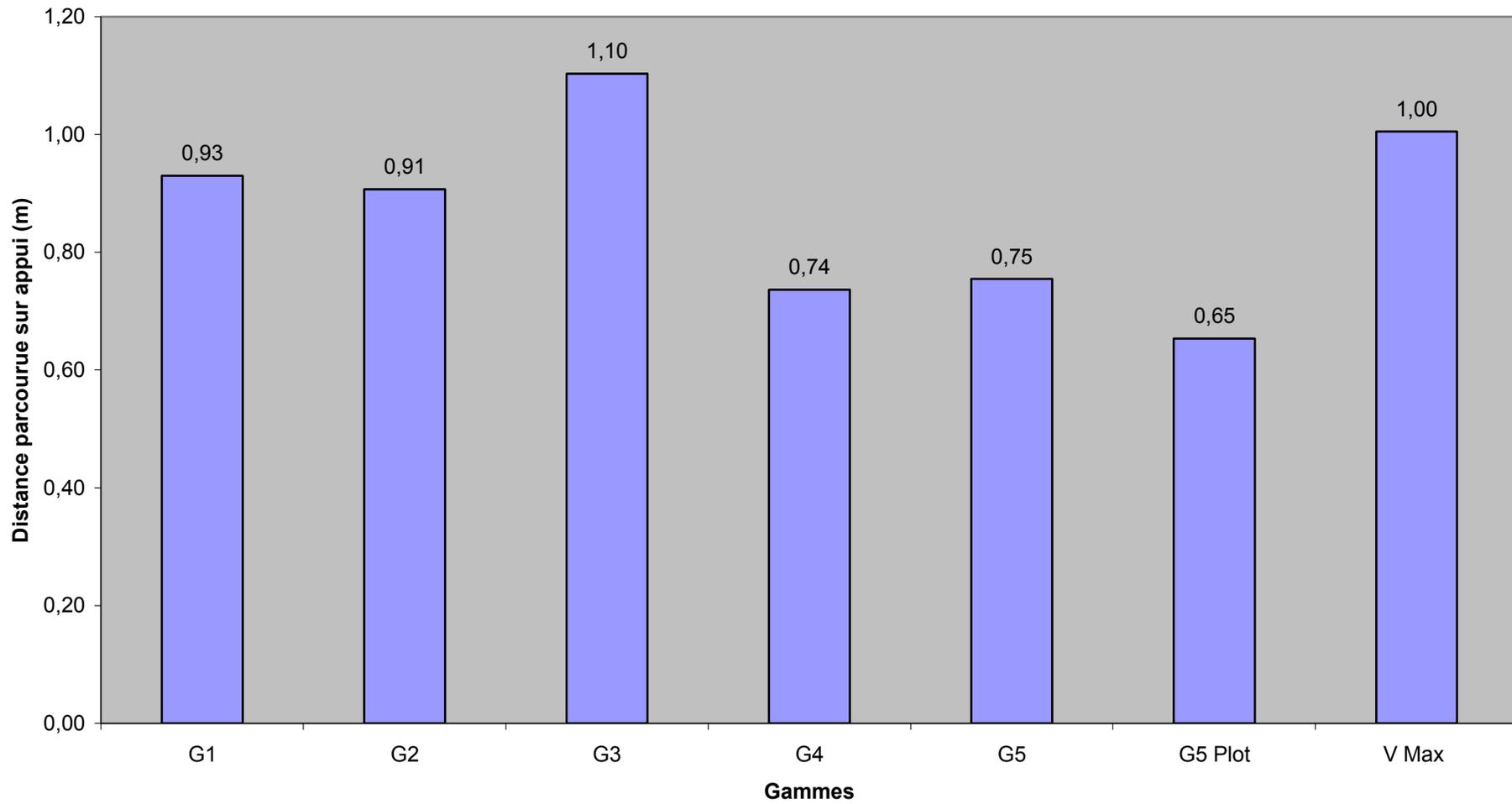


Figure 55: Résultats moyen du facteur n°7 par gamme

### Hauteur du point d'inversion

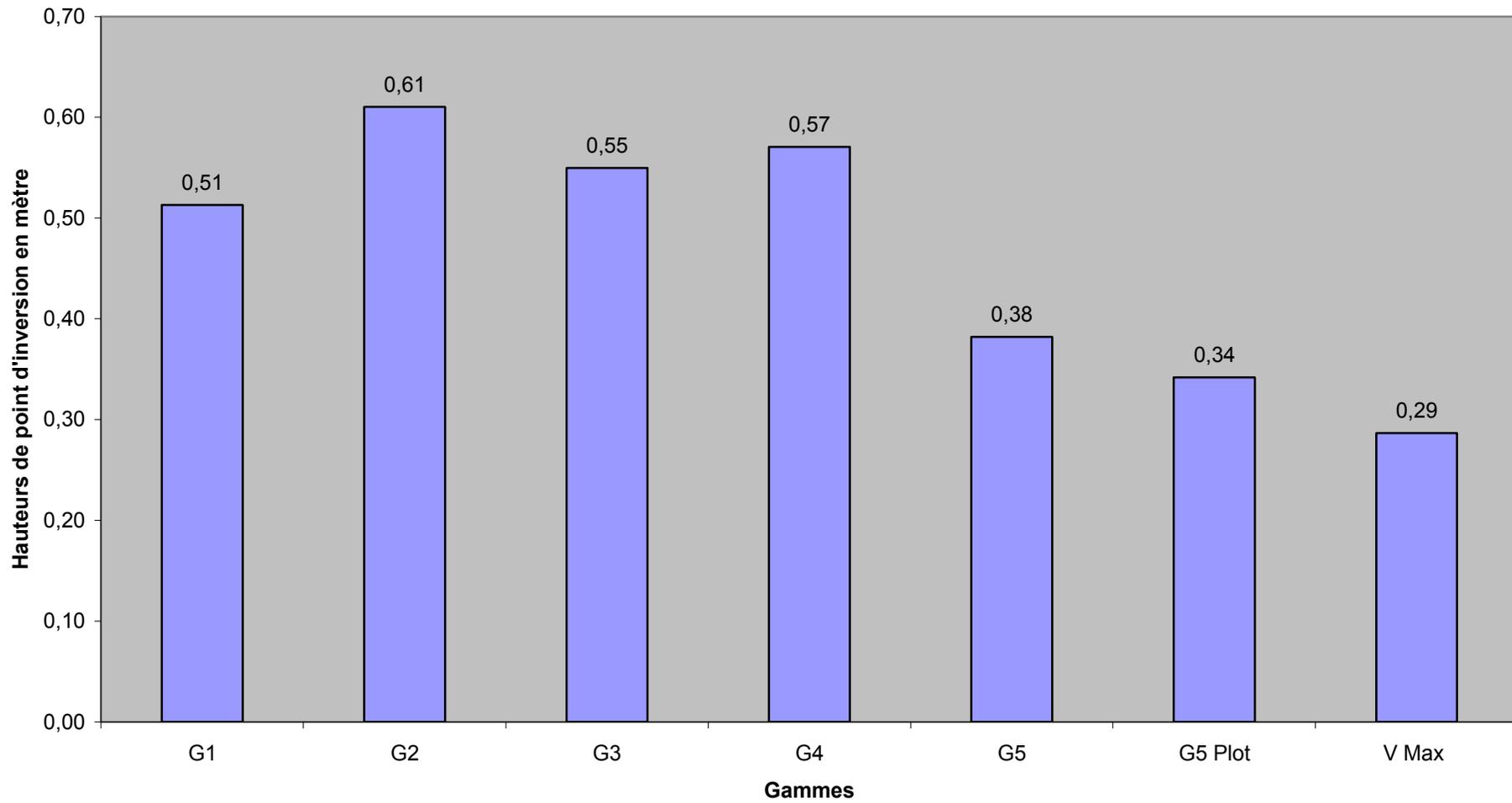


Figure 56 : Résultats moyen du facteur n°3 par gamme

### Angle du ramener du pied sous la Hanche

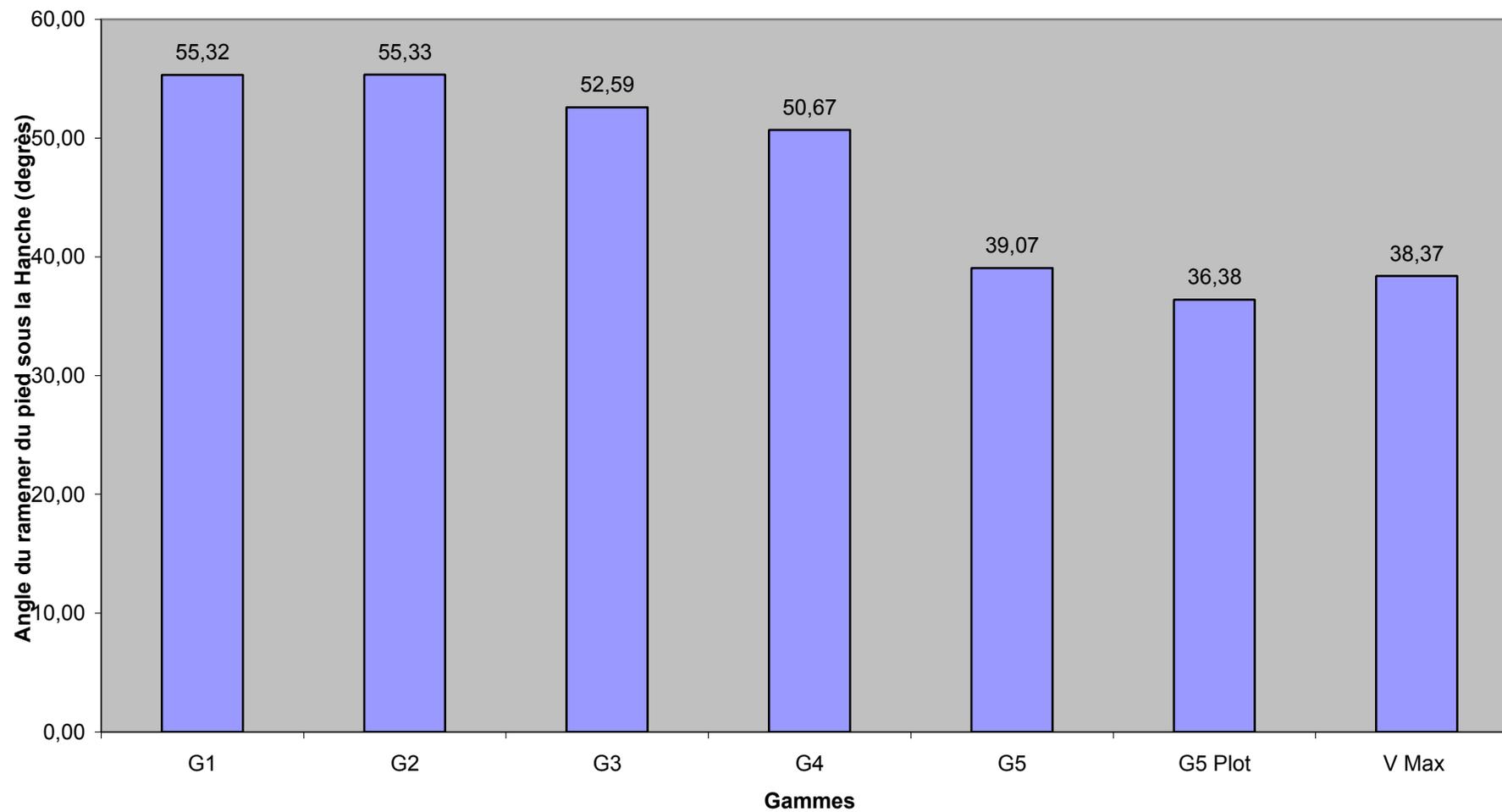


Figure 57 : Résultats moyen du facteur n°9 par gamme

### Longueur du ramener du pied sous la Hanche

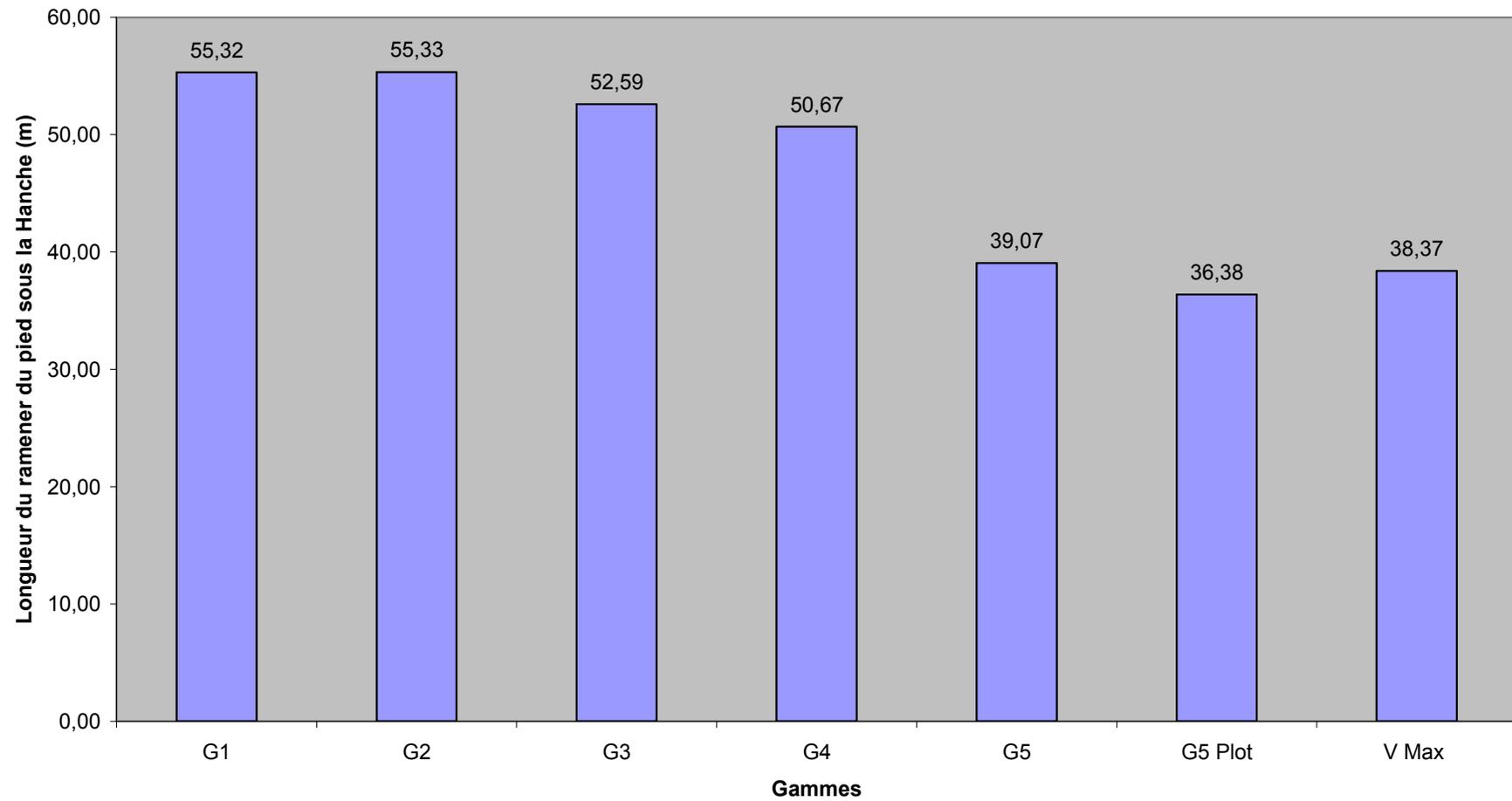


Figure 58 : Résultats moyen du facteur n°10 par gamme

### Vitesse horirontale de la hanche/sol à la pose

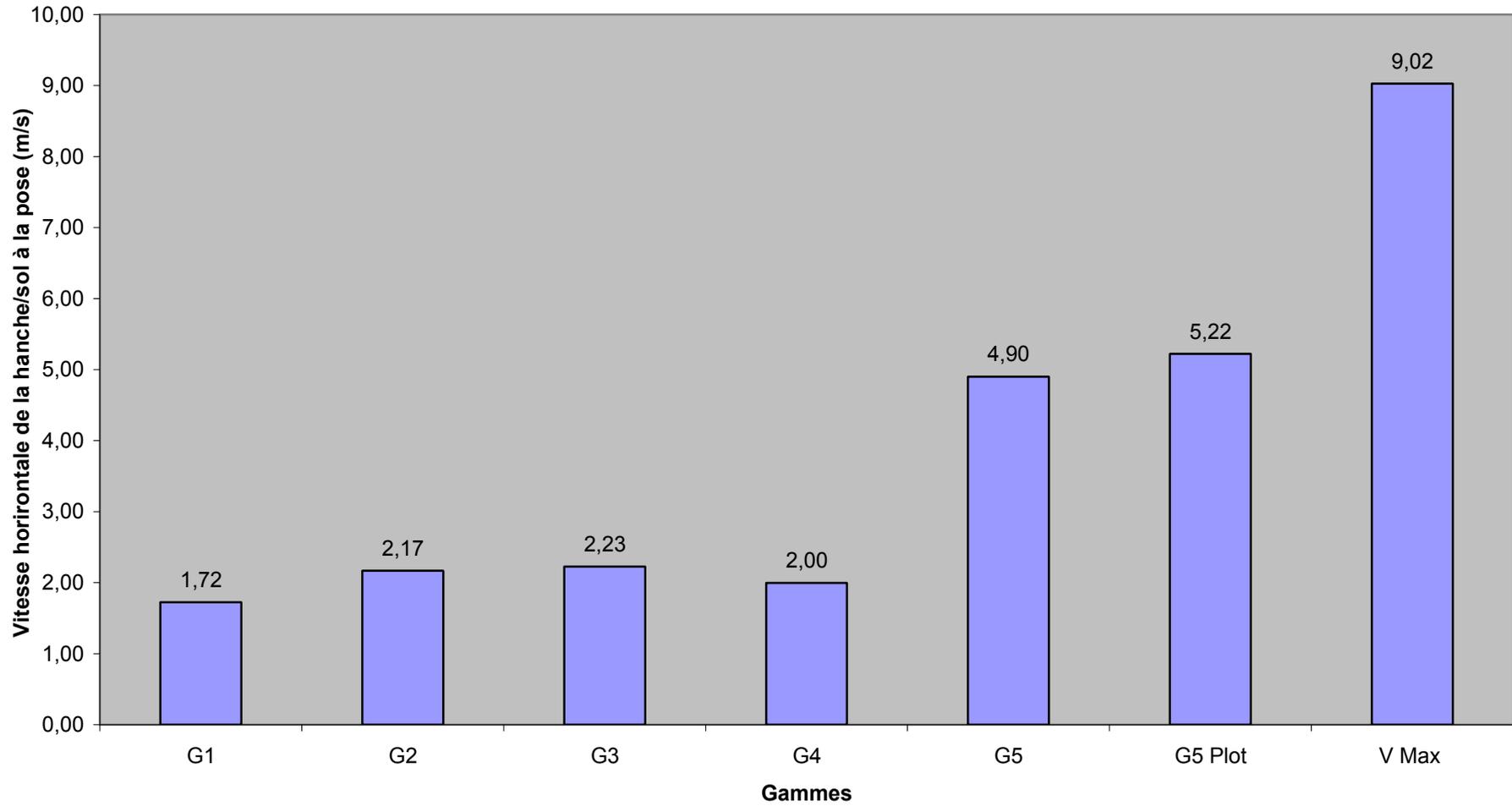


Figure 59: Résultats moyen du facteur n°11 par gamme

### Vitesse horizontale du pied/hanche à la pose

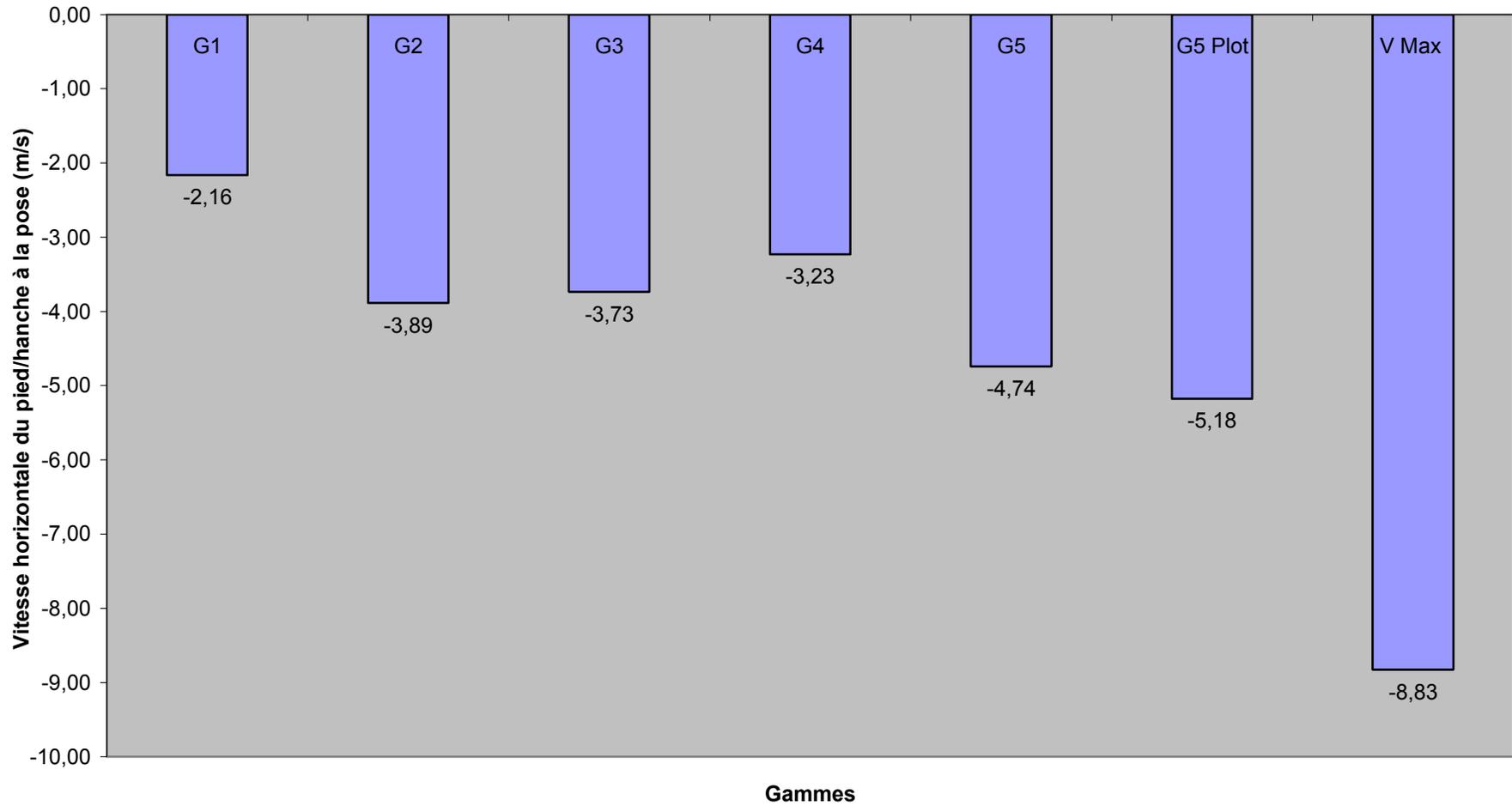


Figure 60: Résultats moyen du facteur n°12 par gamme

### Vitesse à -0,08s du point d'inversion

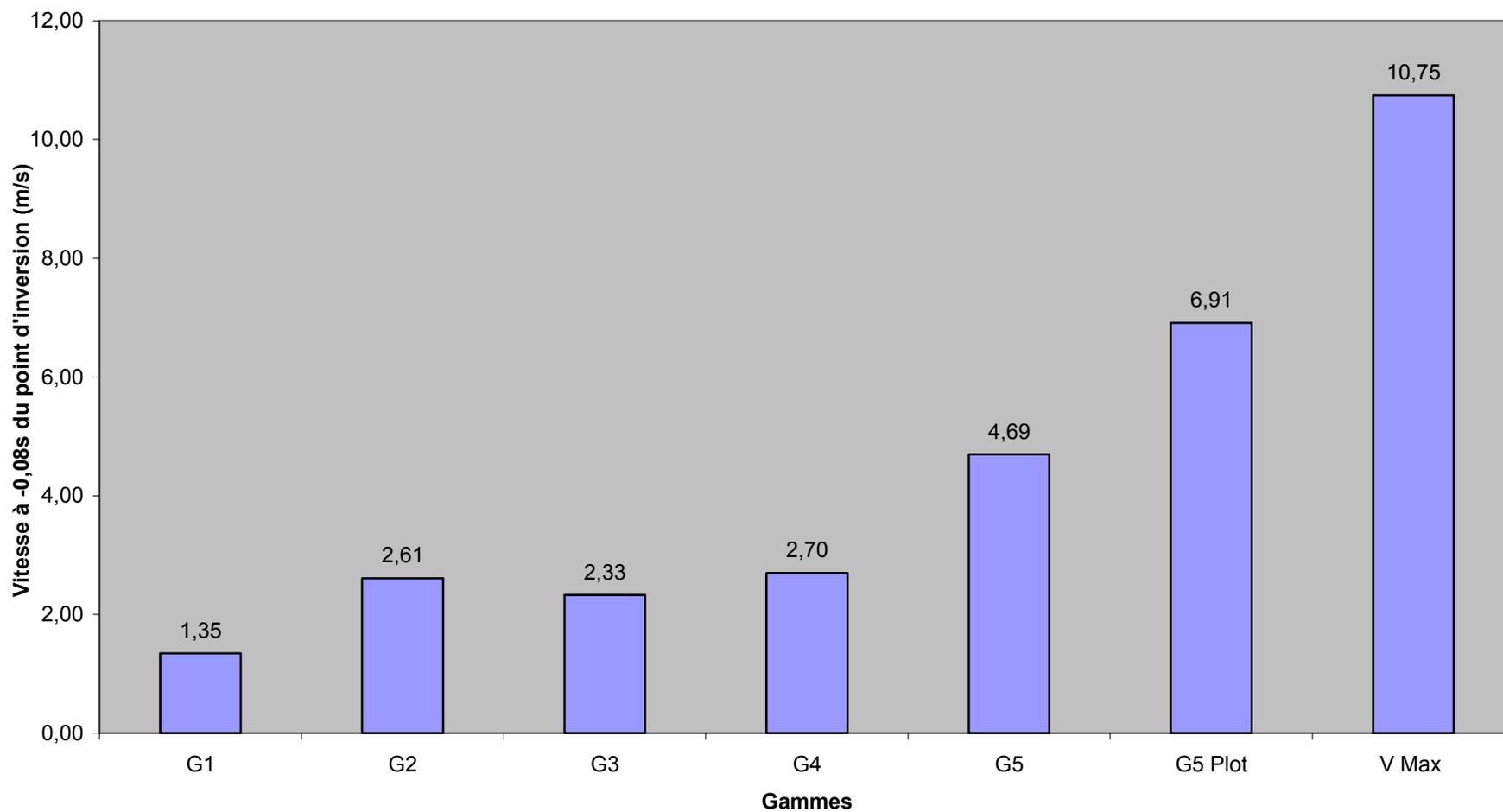


Figure 61: Résultats moyen du facteur n°13 par gamme

### Vitesse à +0,08s du point d'inversion

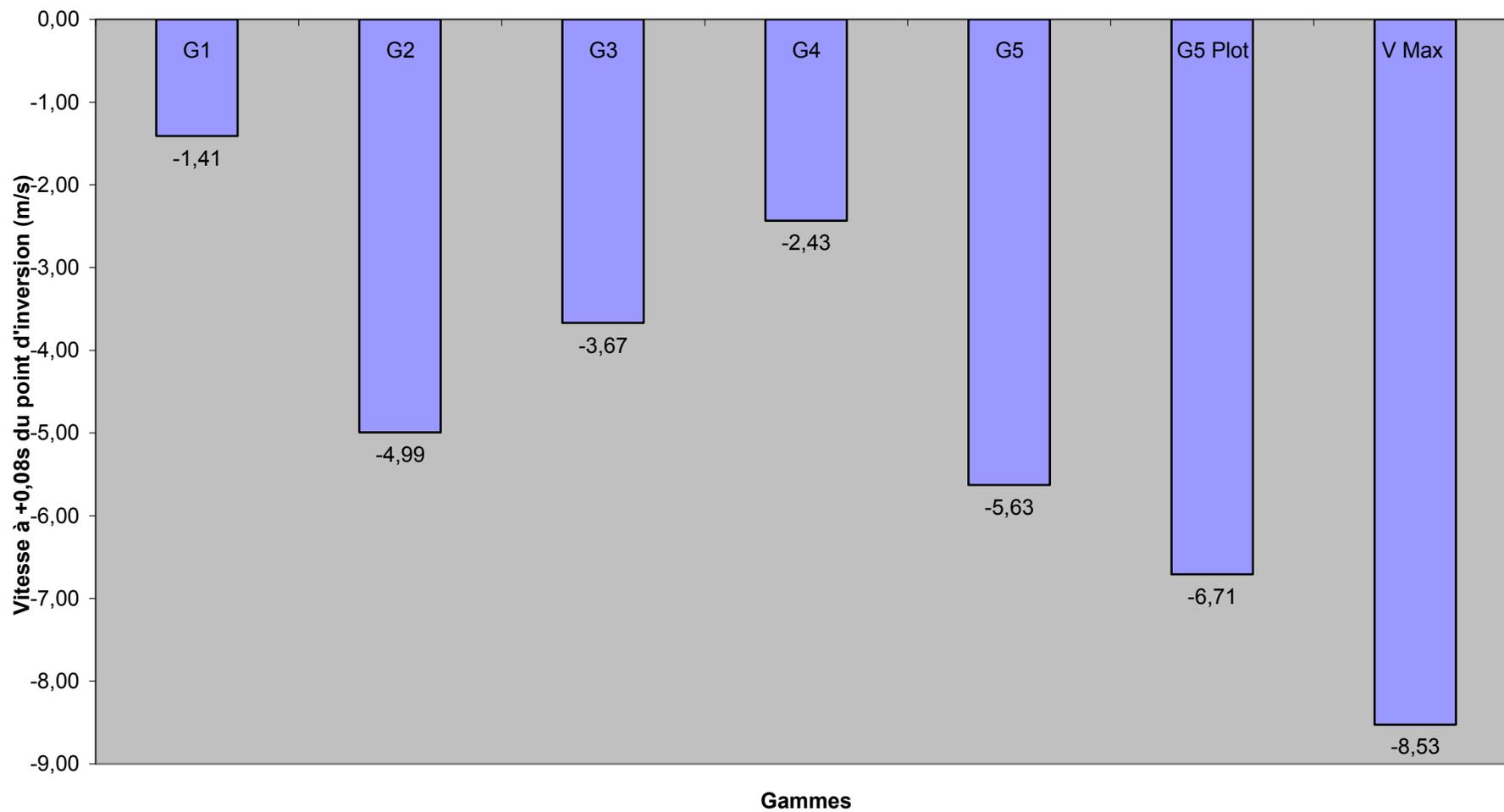


Figure 62: Résultats moyen du facteur n°14 par gamme

### Accélération moyenne

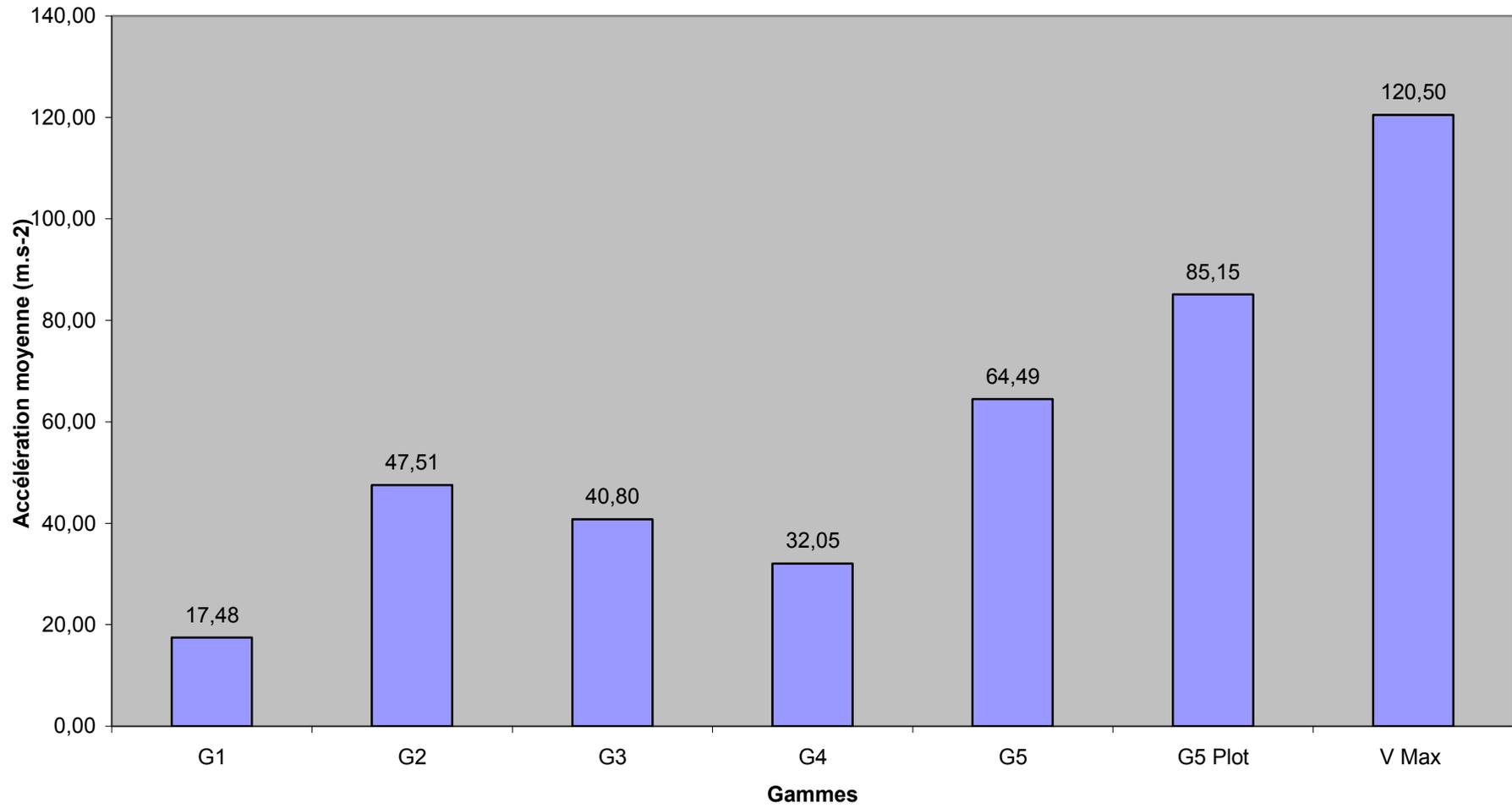


Figure 63: Résultats moyen du facteur n°15 par gamme

### % de cycle avant

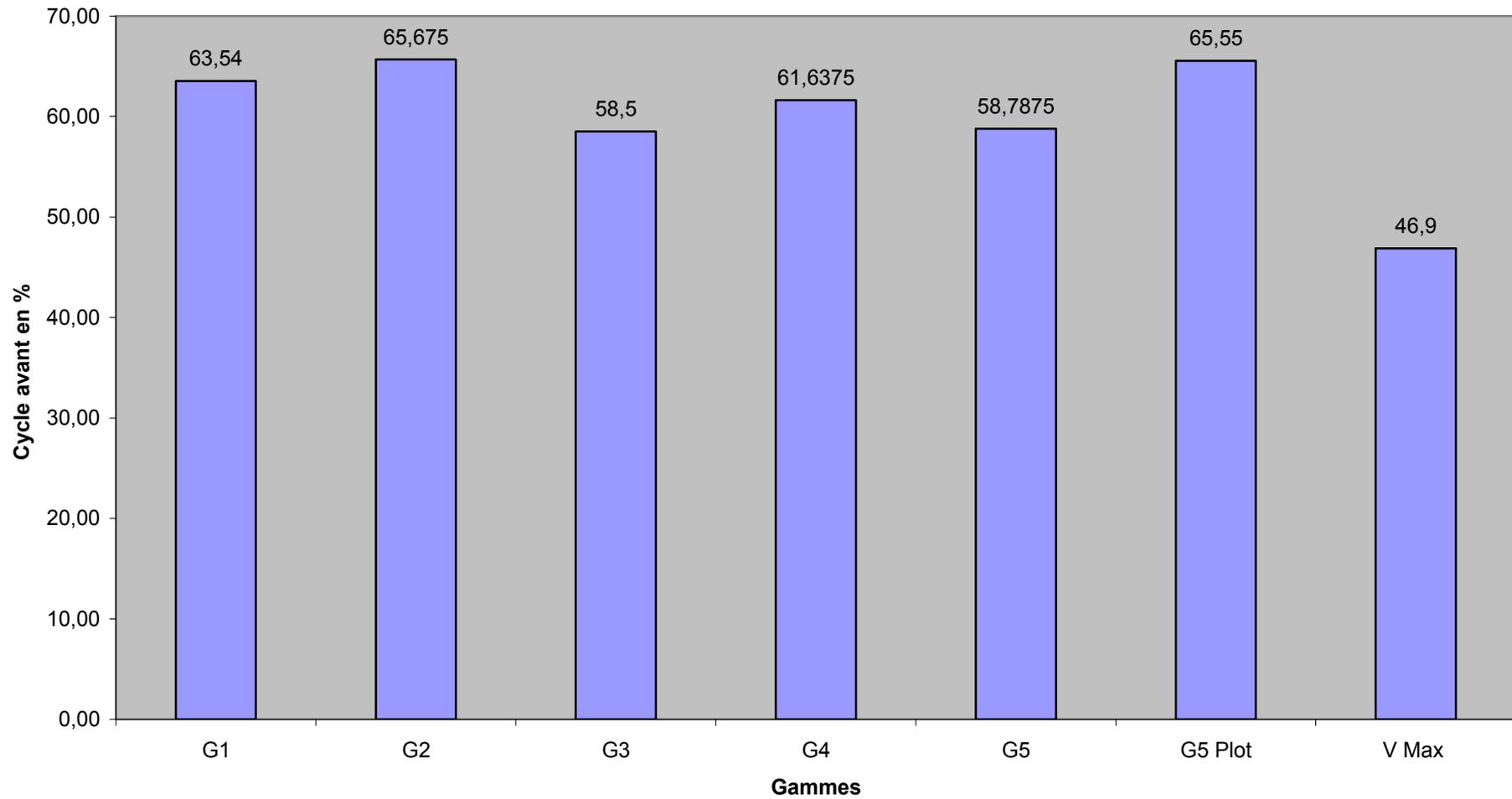


Figure 64: Résultats moyen du facteur n°16 par gamme

### % de cycle arrière

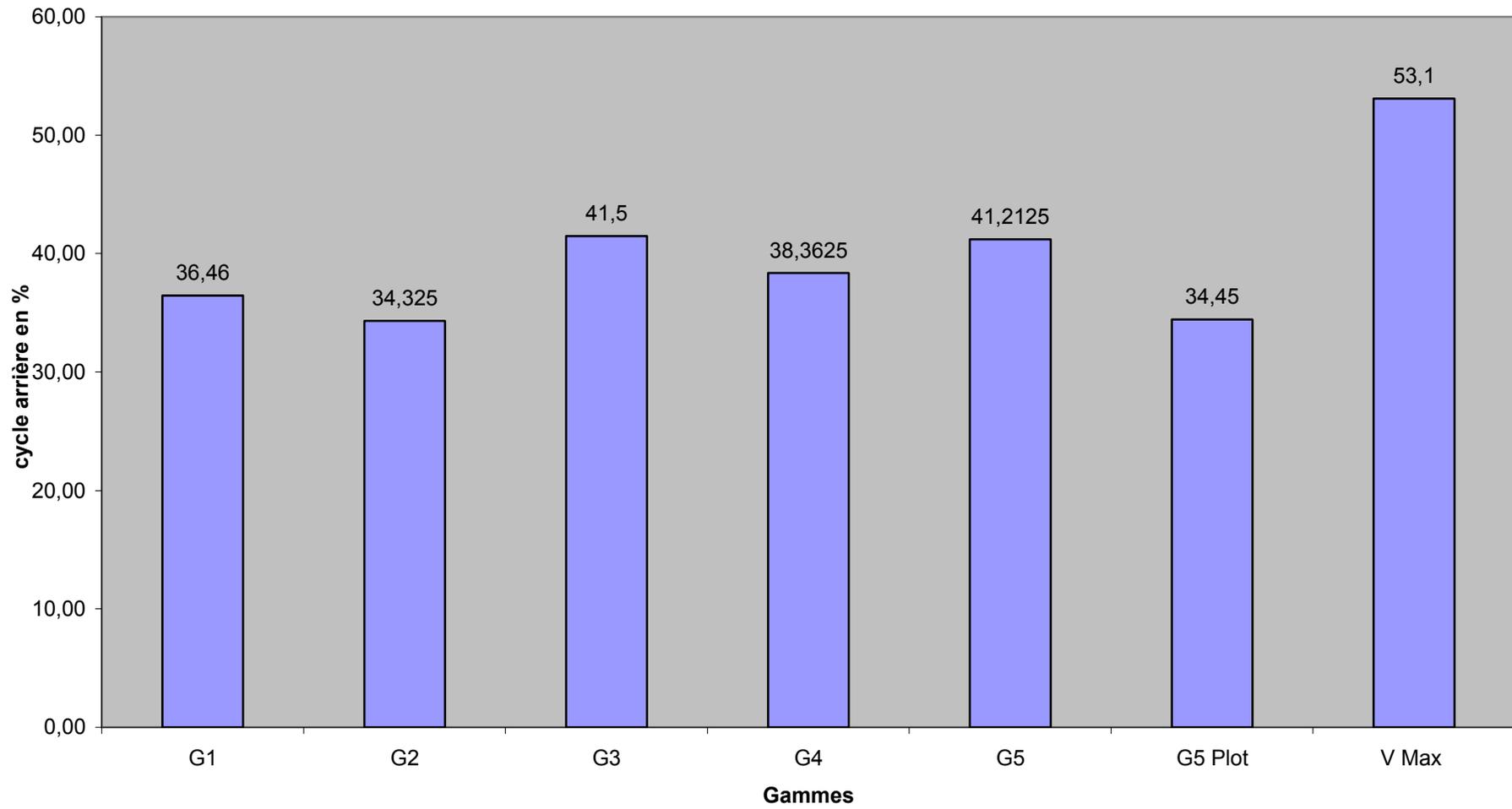


Figure 65: Résultats moyen du facteur n°17 par gamme

### Temps d'appuis

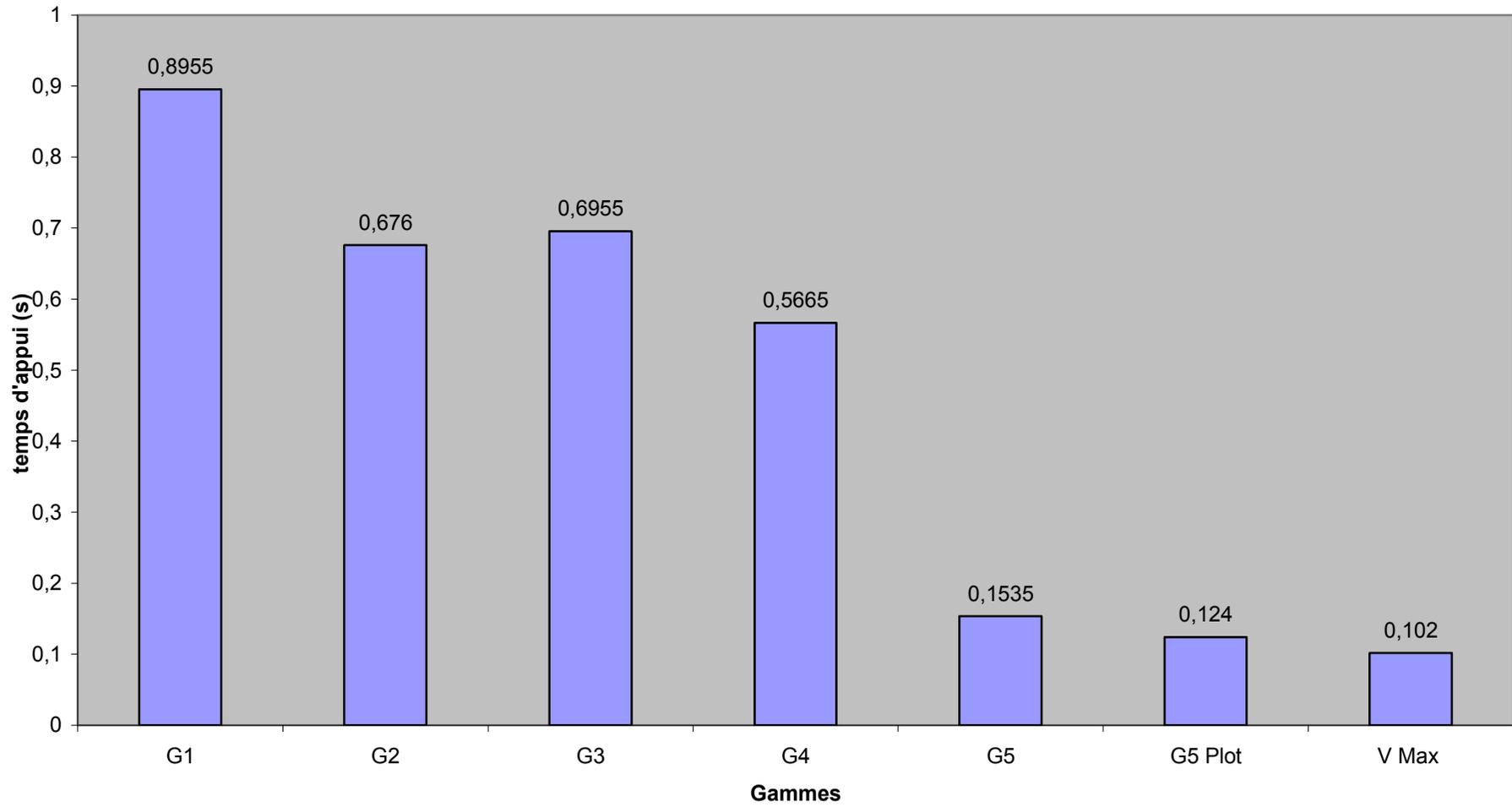


Figure 66 : Résultats moyen du facteur n°2 par gamme

**L'analyse biomécanique de 5 gammes d'entraînement du sprinteur expert, a permis de constater que si les caractéristiques géométriques de ces exercices respectent dans l'ensemble les spécificités de la course de vitesse, ces données dynamiques en sont très éloignées.**

Un entraîneur de l'INSEP, s'est posé la question de la validité des gammes qu'il utilise dans l'entraînement d'un groupe de sprinteurs.

Pour ce faire une étude biomécanique a été réalisée sur deux athlètes de niveau national. Un suivi longitudinal de ces gammes d'entraînement a été réalisé sur une période de 4 mois à l'aide d'une caméra rapide. Et a consisté à comparer les résultats moyennés des gammes d'entraînement, avec les données obtenues lors de la prise de vue à vitesse maximale. Autour de la poulaine de la course, 13 critères géométriques et 5 critères dynamiques ont été retenus.

L'analyse la course à vitesse maximale, a permis de mieux connaître le rôle de la chaîne postérieure dans la phase du cycle avant du sprinteur. Elle doit dans un temps très bref effectuer une forte accélération du mouvement dans le sens opposé au déplacement, afin d'inverser le sens du déplacement du pied. Cette observation nous a amené à redéfinir le griffé du sprinteur comme un mouvement d'inversion du sens du déplacement du pied de l'avant vers l'arrière, et du haut vers le bas. Cette action vise à limiter le pic d'impulsion relatif à la pose du pied du sprinteur.

Pour ces 5 gammes d'entraînement les paramètres géométriques de la pose et du secteur balayé sur l'appui restent spécifiques à la course de vitesse. Les données dynamiques relatives à cette préparation de l'appui sont eux très éloignées de l'activité spécifique. Les résultats du suivi longitudinal des gammes d'entraînement inciteraient les entraîneurs à utiliser des contraintes spatiales et temporelles pour contrôler l'investissement de leurs athlètes.

Mots clefs : biomécanique, course de vitesse, Technique de course, poulaine, griffé.

